PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 8. 15. April 1910. Redaktionsschluß für No. 9 am 25. April 1910. 11. Jahrgang.

INHALT:

Originalmitteilungen:

G. Leimbach, Energiewerte der Lichtstrahlung hinter Dreifarbenfiltern und die Strahlungsempfindlichkeit von Bromsilbergelatineplatten gegen verschiedenfarbiges Licht. S. 313.

T. Royds, Das Reflexionsvermögen schwarzer Flächen. S. 316.

H. Bateman, Elementare Elektronensysteme. S. 318.

G. W. Walker, Die anfängliche beschleunigte Bewegung elektrisch geladener Systeme von endlicher Ausdehnung und die Reaktion infolge der dabei auftretenden Strahlung. S. 320.

M. Levin, Über die Radioaktivität der Quellen von Bad Dürkheim a. d. Haardt. S. 322.

A. R. Colley, Über den Verlauf der Dispersion im elektrischen Spektrum von Benzol, Toluol und Azeton. S. 324.

W. Kempe, Der Barretter und seine Verwendbarkeit als Indikator in elektrisch schwingenden Systemen. S. 331.

C. Déguisne u. P. Ludewig, Das Verhalten des Wehnelt-Unterbrechers bei parallel liegender Kapazität. S. 337.

A. v. Büky, Planimetrische Methode zur Ausrechnung der Bewegungsgleichung gedämpfter Instrumente und zur experimentellen Bestimmung reduzierten Gewichtes und der Dämpfungskraft der bewegenden Teile derselben. S. 339.

B. Weinberg, Die wirbellose Strömung von Flüssigkeiten in Kanälen. S. 346.

M. Reinganum, Zur Abhandlung von Herrn Hillers über die Berechnung der Loschmidtschen Zahl aus den gastheoretischen Daten des Argons. S. 347.

S. J. Barnett, Die Messung hoher Spannungen mit einem Instrument für niedere Spannungen. S. 348.

D. Smirnow, Leitungsstrom und aufsteigende Luftströmungen. S. 348.

Vorträge und Reden:

H. A. Lorentz, Die Hypothese der Lichtquanten. S. 349.

Referate:

A. Schreiber, Der harmonische Analysator von O. Mader. S. 354.

K. Jellinek, Ein neues Gasrefraktometer und Gasinterferometer zu analytischen Zwecken. S. 357.

Besprechungen:

L. Poincaré, Die Elektrizität. S. 359.

H. E. Timerding, Geometrie der Kräfte. S. 359.

J. Perry, Angewandte Mechanik. S. 359.

F. Müller, Führer durch die mathematische Literatur. S. 360.

Tagesereignisse. S. 360.

Personalien. S. 360.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1910. S. 361.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Energiewerte der Lichtstrahlung hinter Dreifarbenfiltern und die Strahlungsempfindlichkeit von Bromsilbergelatineplatten gegen verschiedenfarbiges Licht.

Von Gotthelf Leimbach.

Gelegentlich meiner Untersuchungen über „die absolute Strahlungsempfindlichkeit von Bromsilbergelatineplatten gegen Licht verschiedener Wellenlänge“[1]) habe ich auf die bedeutenden Abweichungen hingewiesen, die einige von Precht und Stenger veröffentlichten Resultate[2]) von den meinigen zeigen, ohne näher auf diese Abweichungen und ihre Ursachen eingegangen zu sein. Da jedoch mein umfangreiches Material zur Beantwortung der von Precht und Stenger aufgeworfenen beiden Fragen: 1. nach dem „Energiewerte der chemischen Strahlung hinter Dreifarbenfiltern“ und 2. nach der „Strahlungsempfindlichkeit von Bromsilbergelatine gegen weißes, grünes und orangerotes Licht“ mancherlei beitragen kann, so soll dieser Beitrag hier geliefert werden.

Für Zwecke der Dreifarbenphotographie und des Dreifarbendruckes bedarf es geeigneter Filter für orangerotes, grünes und blaues Licht, die möglichst auf die Empfindlichkeit der Trockenplatten für diese Farben abzustimmen sind. — Die Bestimmung des Belichtungsverhältnisses für die drei Farben macht insofern Schwierigkeiten, als sie eine konstante Lichtquelle erfordert, die Benutzung des hinsichtlich seiner spektralen Zusammensetzung stark schwankenden Tageslichtes also ausschließt. Für sensitometrische Zwecke ist nun seit langem die Hefnerlampe im Gebrauch, für den vorliegenden sind auch elektrische Glühlampen, die relativ konstant gehalten werden können, geeignet. — Außer den für gleiche Deckung oder Schwärzung erforderlichen Belichtungszeiten für die einzelnen Filter interessiert vor allem der Absolutwert der Lichtstrahlungsenergien, die zur Hervorbringung einer bestimmten Schwärzung in jedem Falle erforderlich sind. Dieser ist natürlich um so kleiner, je empfindlicher die Platte gegen das Licht desjenigen Wellenlängenbereiches ist, den das Filter gerade durchläßt.

Die gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten besitzen ein Maximum der Empfindlichkeit im Blau, die für Rot sensibilisierten sogen. orthochromatischen ein — zweites — Empfindlichkeitsmaximum im Gelb, während panchromatische Platten für alle Farben stark empfindlich

1) Zeitschr. f. wiss. Photogr. **7**, 157, 1909.
2) Diese Zeitschr. **6**, 332, 1905.

sind. Precht und Stenger haben ihre Untersuchungen an der „panchromatischen" Perchromoplatte ausgeführt, während die meinigen an zwei gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten und an zwei orthochromatischen Platten angestellt sind.

Als erstes Resultat von Precht und Stenger sei hier der „angenähert parallele Verlauf der Schwärzungskurven" genannt, die bekanntlich die Dichte des Silberniederschlages oder kurz die „Schwärzung" als Funktion der aufgewandten Lichtmenge zur Anschauung bringen. Für das Mittelstück der Kurven, das den Bereich der normalen Exposition oder die praktisch häufigsten Schwärzungen $S = 1$ bis $S = 2$ umfaßt, ist dieser parallele Verlauf von mir als vollständig unabhängig von der Wellenlänge — oder Farbe — des Lichtes gefunden worden. Die Zunahme der Schwärzung oder die Gradation erfolgt für alle Wellenlängen nach demselben Gesetz. Dagegen ist der Energiebetrag, der zur Erzielung einer bestimmten konstanten Schwärzung aufgewandt werden muß, für Licht verschiedener Farbe sehr verschieden, je nach der Empfindlichkeit der Platte für die einzelnen Farben. Die Sensibilisatoren wirken nun so, daß sie die Belichtungszeit abkürzen oder den zur Erzielung konstanter Schwärzung erforderlichen Energiebetrag verkleinern.

Das von Schwarzschild formulierte Gesetz, das der Bromsilbergelatine die Eigenschaft zuschreibt, „von der einstrahlenden Lichtenergie um so weniger für den photographischen Zweck zu verwenden, je langsamer die Energie zuströmt," ist von mir in vollem Maße bestätigt worden. Ich führe es an dieser Stelle an, weil die gleichen Schwärzungen entsprechenden Lichtmengen nach diesem Gesetz nicht durch $i \cdot t = \text{const}$, sondern durch $i \cdot t^{\beta} = \text{const}$[1]) dargestellt werden, was für die Berechnung der Absolutwerte der Lichtenergie von Bedeutung ist.

Die von Precht und Stenger angegebenen Absolutwerte sind offenbar ohne Berücksichtigung der Schwarzschildschen Formel berechnet worden, und zwar aus Messungen mit der Thermosäule, zu deren absoluter Eichung der Angströmsche Wert der Gesamtstrahlung der Hefnerlampe gedient hat. Die von ihnen verwandten Filter ließen folgende Spektralbereiche zu:

Blau von $\lambda = 415 - 475\ \mu\mu$,
Grün von $\lambda = 515 - 575\ \mu\mu$ und
Orange von $\lambda = 580 - 680\ \mu\mu$.

Nach Angabe der Autoren sind aber auch Wärmestrahlen in erheblichem Maße von den Filtern durchgelassen, auf deren Abblendung oder dgl. verzichtet ist. Inwieweit diese die Resultate beeinflußt haben, wird unten gezeigt werden. Zunächst seien die wichtigsten Resultate von Precht und Stenger hier aufgeführt.

Tabelle I enthält die zur Erzielung annähernd gleicher Schwärzung — $S = 1$ und $S = 2$ — erforderlichen Energiewerte für rotes, grünes und blaues Licht obiger Spektralbereiche, von g cal/sec cm² umgerechnet auf Watt/cm², um sie mit meinen Werten vergleichen zu können.

Tabelle I.

Farbe des Lichtes	Schwärzung	Energie des Lichtes	
Orange	$S = 0{,}95$	$19900 \cdot 10^{-8}$	Watt/cm²
	$S = 1{,}99$	$70800 \cdot 10^{-8}$	„
Grün	$S = 1{,}01$	$16000 \cdot 10^{-8}$	„
	$S = 2{,}09$	$59800 \cdot 10^{-8}$	„
Blau	$S = 0{,}95$	$17000 \cdot 10^{-8}$	„
	$S = 2{,}02$	$45300 \cdot 10^{-8}$	„

Setzt man den Energiewert des Blau gleich 1, so ergeben sich die Verhältniszahlen der Tabelle II.

Tabelle II.

Farbe des Lichtes	Schwärzung	
	$S = 1$	$S = 2$
Blau	1	1
Grün	0,94	1,32
Orange	1,17	1,56

Diese Zahlen besagen, daß zur Erzielung gleicher Schwärzung der Absolutwert der Energie des roten Lichtes kaum höher zu sein braucht, wie der des blauen Lichtes. Die Perchromoplatte wäre also eine ideale panchromatische Platte. Daß derartige ideale Verhältnisse kaum vorliegen, sollen die folgenden Ausführungen zeigen.

Aus meinen Kurven, die die Plattenempfindlichkeit als Funktion der Wellenlänge darstellen, sind durch Planimetrierung der den angeführten Spektralbezirken zugehörenden Flächenstücke leicht die zur Erzielung stets gleicher Schwärzung erforderlichen Energiewerte für gewöhnliche und orthochromatische Platten zu ermitteln. Des Interesses halber seien zum Vergleich auch die der gewöhnlichen Platten hier angeführt.

Tabelle III. Schleußnerplatte, normalempfindlich.

Farbe des Lichtes	Schwärzung	Energie des Lichtes	
Orange	$S = 1$	$13200 \cdot 10^{-8}$	Watt/cm²
	$S = 1{,}5$	$19000 \cdot 10^{-8}$	„
	$S = 2$	$28100 \cdot 10^{-8}$	„
Grün	$S = 1$	$1202 \cdot 10^{-6}$	„
	$S = 1{,}5$	$1730 \cdot 10^{-6}$	„
	$S = 2$	$2860 \cdot 10^{-6}$	„
Blau	$S = 1$	$10 \cdot 10^{-6}$	„
	$S = 1{,}5$	$14{,}4 \cdot 10^{-6}$	„
	$S = 2$	$21{,}3 \cdot 10^{-6}$	„

1) i = Intensität des Lichtes, t = Belichtungszeit, $\beta < 1$ eine Plattenkonstante.

Tabelle IV. Lumières Σ-Platte.

Farbe des Lichtes	Schwärzung	Energie des Lichtes
Orange	$S = 1$	$11220 \cdot 10^{-8}$ Watt/cm²
	$S = 1{,}5$	$24500 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 2$	$47000 \cdot 10^{-8}$ „
Grün	$S = 1$	$891 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 1{,}5$	$1940 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 2$	$4290 \cdot 10^{-8}$ „
Blau	$S = 1$	$1 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 1{,}5$	$2{,}18 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 2$	$4{,}81 \cdot 10^{-8}$ „

Tabelle V. Perortoplatte.

Farbe des Lichtes	Schwärzung	Energie des Lichtes
Orange	$S = 1$	$3162 \cdot 10^{-8}$ Watt/cm²
	$S = 1{,}5$	$5400 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 2$	$9260 \cdot 10^{-8}$ „
Grün	$S = 1$	$282 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 1{,}5$	$482 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 2$	$825 \cdot 10^{-8}$ „
Blau	$S = 1$	$11{,}2 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 1{,}5$	$19{,}2 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 2$	$32{,}8 \cdot 10^{-8}$ „

Tabelle VI. Chromo-Isolarplatte.

Farbe des Lichtes	Schwärzung	Energie des Lichtes
Orange	$S = 1$	$6310 \cdot 10^{-8}$ Watt/cm²
	$S = 1{,}5$	$12500 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 2$	$23500 \cdot 10^{-8}$ „
Grün	$S = 1$	$100 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 1{,}5$	$198 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 2$	$372 \cdot 10^{-8}$ „
Blau	$S = 1$	$14{,}1 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 1{,}5$	$27{,}9 \cdot 10^{-8}$ „
	$S = 2$	$52{,}5 \cdot 10^{-8}$ „

Auf den ersten Blick zeigt sich bei allen Platten, daß die zur Erzielung gleicher Schwärzung erforderliche Energie mit der Wellenlänge stark zunimmt. Vergleicht man die Energiewerte mit den von Precht und Stenger gefundenen, so ergibt sich eine annähernde Übereinstimmung — der Größenordnung nach — nur für die Orangewerte und zwar aus dem Grunde, weil die mitgemessenen Wärmestrahlen den Lichtstrahlen ungefähr gleichwertig gewesen sein dürften. Eine beträchtliche Wärmeenergie hat aber wahrscheinlich auch das Grün- und Blaufilter passiert und die relativ kleinen Werte der Lichtenergie stark vergrößert. Die von Precht und Stenger gemessene hohe Energie für Blau und Grün ist vermutlich im wesentlichen die von den Filtern durchgelassene Wärmeenergie, die bei allen ziemlich gleich groß sein dürfte. Daher auch die sehr kleinen Verhältniszahlen der Tabelle II. Um eine Anschauung davon zu geben, wie groß die Lichtenergie relativ zu der des Blau für Rot und Grün sein muß, um die gleiche Schwärzung zu erhalten, sind die Verhältniszahlen für meine vier Platten gebildet und zwar nur für einen S-Wert, da bei dem von mir gefundenen geradlinigen Verlauf der Schwärzungskurven die Verhältniszahl konstant bleibt.

Tabelle VII.

Plattensorte	Farbe des Lichtes	Verhältniszahl für $S = 1$
Schleußner	Blau	1
	Grün	120
	Orange	1320
Σ	Blau	1
	Grün	891
	Orange	11220
Perorto	Blau	1
	Grün	25,2
	Orange	282
Chromo-Isolar	Blau	1
	Grün	7,1
	Orange	448

Wir sehen aus diesen Zahlen, wie stark das Empfindlichkeitsmaximum im Blau sich bei allen Platten bemerkbar macht. Der Einfluß der Sensibilisatoren ist aber bei den orthochromatischen Platten doch unverkennbar. Im Grün wie Orange kommt man mit viel kürzeren Belichtungszeiten oder kleineren Energiewerten aus, wie bei den gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten[1]).

Die nicht abgeblendeten Wärmestrahlen beeinflussen auch die Resultate der zweiten Arbeit von Precht und Stenger „über die Strahlungsempfindlichkeit von Bromsilbergelatineplatten gegen weißes, grünes und orangerotes Licht". Nach Precht und Stenger sind zur Erzielung gleicher Schwärzung für die drei Farben folgende Energiewerte erforderlich.

Tabelle VIII.

Farbe des Lichtes	Schwärzg.	Energie des Lichtes	Verhältniszahl
Weiß	$S = 1$	$1050 \cdot 10^{-8}$ Watt/cm²	1
Grün	$S = 1$	$224000 \cdot 10^{-8}$ „	214
Orange	$S = 1$	$428000 \cdot 10^{-8}$ „	417

Hier finden auch Precht und Stenger den starken Einfluß des blauen Lichtes, das im „Weiß" enthalten ist und den Energiewert erheblich herabdrückt. Das spricht für ein ausgeprägtes Blaumaximum der benutzten Platte. Die Werte für Grün und Rot sind auch hier wieder durch Wärmestrahlen vergrößert, deren

1) Miethe gibt für eine Athylrotplatte im Phot. Journal 1903, S. 214 folgende Verhältniszahlen an: Blau 1, Grün 30, Rot 450 in guter qualitativer Übereinstimmung mit meinen Resultaten.

Energie offenbar relativ groß zu der des grünen bzw. roten Lichtes und wohl in beiden Fällen ziemlich gleich ist. Da das Verhältnis der Energien für Grün und Rot bei einer gewöhnlichen Platte bedeutend größer ist wie 1 : 2, siehe Tabelle VI, so sind auch die Verhältniszahlen der Tabelle II und damit die Resultate der ersten Arbeit mit Vorsicht aufzunehmen.

Ich ziehe zum Vergleich meine Resultate für weißes Licht heran, die einmal mit der Hefnerlampe und dann mit der Nernstlampe gewonnen sind.

Tabelle IX.

Plattensorte	Schwärzg.	Energie des Lichtes		„weiße" Lichtquelle
Schleußner	$S = 1$	$1160 \cdot 10^{-8}$	Watt/cm²	Hefnerl.
		$773 \cdot 10^{-8}$	„	Nernstl.
Σ	$S = 1$	—		Hefnerl.
		$439 \cdot 10^{-8}$	„	Nernstl.
Perortho	$S = 1$	$816 \cdot 10^{-8}$	„	Hefnerl.
		$615 \cdot 10^{-8}$	„	Nernstl.
Chromo-Isolar	$S = 1$	$2140 \cdot 10^{-8}$	„	Hefnerl.
		$988 \cdot 10^{-8}$	„	Nernstl.

Die Energiewerte für weißes Licht stimmen wenigstens der Größenordnung nach gut mit dem Precht-Stengerschen Werte überein. Danach besitzt die verwandte Platte eine ähnliche Empfindlichkeit wie die Schleußnerplatte.

Aus der Tabelle VIII ist außerdem noch der Einfluß der Temperatur der Lichtquelle zu erkennen. Die Nernstlampe besitzt eine höhere Temperatur wie die Hefnerlampe, ist also auch reicher an kurzwelligen Strahlen, da mit der Temperatur die Intensität der kurzwelligen Strahlen gemäß dem Wienschen Verschiebungsgesetz stark zunimmt. Während für die Energiemessung die intensitätsreicheren langwelligen Strahlen den Ausschlag geben und die Resultate durch eine Intensitätssteigerung im Blau nicht stark beeinflußt werden, wirkt diese Intensitätssteigerung im Blau unverhältnismäßig stark auf die photographische Platte. Infolgedessen muß der Gesamtbetrag der Lichtenergie für weißes Licht mit Zunahme der Temperatur abnehmen. Tabelle VIII zeigt in der Tat, daß bei der Nernstlampe durchweg kleinere Lichtmengen zur Erzeugung gleicher Schwärzung erforderlich sind, wie bei der Hefnerlampe. — Meine Messungen ergeben schließlich noch, daß weißes Licht, das nicht sehr reich an blauen Strahlen ist, wie z. B. das der Hefnerlampe, im Mittel etwa so stark wie grünes Licht vom gleichen Absolutwert auf Bromsilbergelatine wirkt.

Göttingen, den 17. März 1910.

(Eingegangen 19. März 1910.)

Das Reflexionsvermögen schwarzer Flächen.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von T. Royds.

Ångström fand im Jahre 1898[1]), daß das Reflexionsvermögen einer dick berußten platinierten Fläche zwischen 0,82 und 1,25 Proz. liegt. Kürzlich dagegen schloß Féry[2]) aus seinen Versuchen, daß 18 Proz. der Strahlung eines auf 100° C befindlichen schwarzen Körpers von einer Platinmoorfläche reflektiert wird und ungefähr ebensoviel von einer Rußschicht für dieselbe Strahlung. Da die genaue Kenntnis des Reflexionsvermögens der als Empfänger der Wärmestrahlen benutzten Flächen nun für die absoluten Strahlungsmessungen wichtig ist, so ist das Reflexionsvermögen solcher Flächen im Ultrarot nach einer von Herrn Prof. Paschen vorgeschlagenen Methode[3]) bestimmt worden. Die Resultate dieser Messungen für Ruß- und Platinmoorschichten mögen hier kurz mitgeteilt werden.

Die Methode besteht in der Messung der Galvanometerausschläge, erstens, wenn Strahlen direkt auf eine Thermosäule fallen, und zweitens, wenn sie erst auf die zu untersuchende Fläche fallen, von der das nach allen Richtungen reflektierte Licht durch eine polierte Hohlkugel aus Neusilber auf die Thermosäule abgebildet wird. Die schwarze Fläche war neben dem Spalte der Thermosäule, welcher sich unmittelbar vor den bestrahlten Lötstellen befand, befestigt. Ein Hohlspiegel warf Licht von einem beleuchteten Spalte durch eine schmale in die Hohlkugel geschnittene Öffnung, und entwarf ein Bild desselben auf dem Spalte der Thermosäule, der etwas aus dem Zentrum der Hohlkugel seitwärts verschoben war. Wenn nun die Thermosäule mit der schwarzen Fläche relativ zur Hohlkugel verschoben wird, bis sie in gleichen Abstand auf die andere Seite des Zentrums kommt, so fällt das Spaltbild jetzt auf die schwarze Fläche, und das reflektierte Licht wird auf der Thermosäule abgebildet sein. Wenn die äußere optische Anordnung geändert wurde, dann wurde die Thermosäule in ihre erste Stellung gebracht und die Hohlspiegel so justiert, bis das Spaltbild auf den Spalt der Thermosäule fiel, welcher von hinten durch ein Fenster gesehen werden konnte. In dieser Weise wurde es erreicht, daß eine Änderung der zwei Lagen der Thermosäule nicht erforderlich war. Diese Lagen waren ein für allemal durch das

1) Ångström, Öfversigt of K. Vetensk-Akad. Förhandl. Stockholm **5**, 283, 1898.
2) Féry, C. R. **148**, 777, 1909.
3) Modifikation des Verfahrens der Spiegelung, durch welches Paschen einen Bolometerstreifen schwärzer gemacht hat. (Ber. Berl. Akad. d. Wiss., 27. April 1899.)

Experiment gefunden und wurden dann und wann kontrolliert. Der Betrag der Verschiebung war 2,5 mm; der Durchmesser der Hohlkugel 5 cm.

Um verschieden schwarze Flächen auszutauschen, oder Schirme vor die Thermosäule zu setzen, konnte die Thermosäule mit der Fläche herausgenommen und wieder genau an dieselbe Stelle relativ zur Hohlkugel gestellt werden.

Eine Serie von Langleyschen Blenden, um starke Luftströme zu vermeiden, war vor der Öffnung in der Hohlkugel aufgestellt.

Ein Galvanometerausschlag von 1 mm entsprach einem Strom von $0{,}7 \times 10^{-10}$ Ampere. Die Ausschläge waren proportional dem Strom.

Die Rußschichten waren mit Hilfe einer feinen Flamme einer kleinen Petroleumlampe auf polierte silberne Platten von $^1/_{10}$ mm Dicke aufgetragen und ihre Dicke durch ein Mikroskop nach Beendigung der Versuche gemessen.

Das Reflexionsvermögen wurde für die folgenden Strahlungen, deren Maxima im Ultrarot liegen, bestimmt.

1. Die durch eine 1 cm dicke Wasserschicht durchgelassene Strahlung eines Auerstrumpfes. Durch die Wasserschicht werden Strahlen, deren Wellenlänge größer als 1 μ[1]) ist, absorbiert. Das Maximum der durchgelassenen Strahlung liegt bei 0,8 μ ungefähr.

2. Die Reststrahlen von Gips. Ein paralleles Bündel von einem durch einen Auerstrumpf beleuchteten Spalt wurde von drei Gipsplatten reflektiert und dann auf der Thermosäule abgebildet. Das Maximum liegt bei 8,7 μ[2]).

3. Die Reststrahlen von Flußspat. Die Strahlung von einem Auerstrumpf wurde an drei Flußspatflächen, deren eine ein Hohlspiegel war, reflektiert. Das Maximum dieser Strahlen liegt bei 25,5 μ[3]).

4. Die Reststrahlen von Steinsalz. Die Steinsalzplatten waren genau wie die aus Gips angeordnet. Hierbei wurde eine intensive Quelle, ein Nernstscher Stift, verwendet. Die Reststrahlen waren sehr unrein, aber eine vierte Reflexion machte die Intensität zu klein. Zur Vermehrung der Reststrahlen wurde nach Rubens eine klare 4 mm dicke Steinsalzplatte als Klappe benutzt. Das Maximum der reinen Reststrahlen liegt bei 51,2 μ[4]), in diesem Falle aber etwas nach kleineren Wellenlängen.

Die folgenden einfachen Beobachtungen zeigen roh die Reinheit der verschiedenen Reststrahlen.

1) Paschen, Wied. Ann. **52**, 209, 1894.
2) Aschkinaß, Ann. d. Phys. **1**, 42, 1900.
3) Rubens, diese Zeitschr. **4**, 726, 1903.
4) Rubens u. Aschkinaß, Wied. Ann. **64**, 241, 1898.

	Ausschläge für die Reststrahlen von		
	Gips	Flußspat	Steinsalz
Gesamte Energie	1330	688	100
Die durch 3 mm dickes Glas gelassene Energie . . .	3	0	45
Die durch 2,5 mm dickes Quarz gelassene Energie	7	4	62
Die durch 2,35 cm dickes Steinsalz gelassene Energie	1150	0	65

Für längere Wellen kann das Reflexionsvermögen des Neusilbers, welches von Paschen[1]) bestimmt worden ist, zunächst gleich eins gesetzt werden. Die Korrektion für die Öffnung in der Hohlkugel ist zu vernachlässigen. Außerdem sind noch zwei Korrektionen der Energie, die die Thermosäule empfängt, wenn das von der schwarzen Fläche reflektierte Licht darauf abgebildet ist, zu berücksichtigen. Erstens fällt diffuses Licht direkt auf die Thermosäule. Um dieses zu bestimmen, wurde das Spaltbild im Zentrum der Hohlkugel entworfen, und die Thermosäule in denselben Abstand vom Bilde wie in den Versuchen, nämlich 2,5 mm, gesetzt. Der Betrag des diffusen Lichtes, das auf die Thermosäule fiel, war 0,42 Proz. der Energie des direkten Bildes, und nur unbedeutend anders für die verschiedenen optischen Anordnungen. Zweitens wird die absorbierende Fläche von der darauf fallenden Strahlung erwärmt, da der Ruß die Wärme schlecht leitet. Ihre eigene Strahlung wird auch von der Hohlkugel auf der Thermosäule konzentriert. Die von der erwärmten Fläche ausgestrahlte Energie wurde nach zwei Methoden bestimmt; erstens durch die Absorption dieser Energie allein, und zweitens durch die Absorption der reflektierten Strahlen allein. Ein 0,1 mm dickes Deckglas wurde vor die Thermosäule gesetzt; dieses absorbiert die langwelligen emittierten Strahlen, läßt aber die durch die Wasserschicht gelassene Strahlung durch. Eine 0,5 mm dicke Steinsalzplatte andrerseits läßt jene durch und absorbiert fast alle Flußspatreststrahlen.

Nach meinen Messungen sind folgende gesamte Korrektionen von der ganzen scheinbaren Reflexion abzuziehen:

	für diffuses Licht	für die Wirkung der Erwärmung	Gesamt
0,205 mm dicke Rußschicht	0,42 %	0,95 %	1,37 % der direkten Energie
0,072 mm dicke Rußschicht	0,42 %	0,10 %	0,52 % der direkten Energie
0,016 mm dicke Rußschicht	0,42 %	0,0 %	0,42 % der direkten Energie

1) Paschen, Ann. d. Phys. **4**, 304, 1901.

Die Resultate für das Reflexionsvermögen der verschieden dicken Rußschichten sind in der folgenden Tabelle eingetragen.

Wellenlänge	0,205 mm dicke Rußschicht		0,072 mm dicke Rußschicht		0,016 mm dicke Rußschicht	
	Scheinbare Reflexion	Wahre Reflexion	Scheinbare Reflexion	Wahre Reflexion	Scheinbare Reflexion	Wahre Reflexion
0,8 μ	2,17 %	0,80 %	1,20 %	0,68 %	1,10 %	0,68 %
8,7 μ	1,99 %	0,62 %	1,39 %	0,87 %	5,55 %	5,13 %
25,5 μ	2,04 %	0,67 %	2,95 %	2,43 %	3,03 %	2,61 %
51 μ [1]	2,8 %	1,4 %	2,5 %	2,0 %	4,60 %	4,18 %
51 μ [2]	3 %	1,6 %	3,2 %	2,7 %	4,60 %	4,18 %

Platinmoor war auf Silberblech nach der Anweisung von Lummer und Kurlbaum abgeschieden. Bei diesen Flächen war der Erwärmungseffekt unmerkbar (wohl wegen der besseren Wärmeleitfähigkeit).

Für Platinmoorflächen sind die folgenden Resultate gefunden.

Wellenlänge	Platinmoor während 15 Min. abgeschieden		Platinmoor während 3 Min. abgeschieden	
	Scheinbare Reflexion	Wahre Reflexion	Scheinbare Reflexion	Wahre Reflexion
0,8 μ	0,54 %	0,12 %	0,75 %	0,33 %
8,7 μ	0,98	0,56	3,24	2,82
25,5 μ	1,35	0,93	4,20	3,78
51 μ [1]	1,21	0,79	4	3,6
51 μ [2]	1,5	1,1	4,4	4,0

Als Kontrolle wurde das Reflexionsvermögen eines blanken polierten Silberblechs für die Flußspatreststrahlen in derselben Weise bestimmt und der Wert 94 % gefunden.

1) Steinsalzreststrahlen mit Metallklappe.
2) Steinsalzreststrahlen mit Steinsalzklappe.

Physikalisches Institut Tübingen, 3. März 1910.

(Eingegangen 5. März 1910.)

Elementare Elektronensysteme.
(Elementary systems of electrons.)

Von H. Bateman.

Wahrscheinlich wird die Konfiguration der Elektronen in einem Atom durch Bedingungen von einfacher geometrischer Natur bestimmt.

Es sei mit jedem Elektron eine Zeit nach irgendeinem Gesetz verbunden; dann kann man es so ansehen, als ob die Lagen der Elektronen zu den ihnen beigelegten Zeiten ein Bild eines Atoms bilden. Es ist ein interessantes Problem, eine Reihe von Bildern eines Atoms zu konstruieren, so daß einige der Elektronen in solcher Lage sind, daß sie aufeinander wirken, wenn zwei Bilder verglichen werden, andererseits so, daß die Wirkung zwischen zwei Elektronen eine wechselseitige ist, wenn man die ganze Reihe der Bilder betrachtet.

Wenn wir annehmen, daß sich eine Störung von einem Elektron zum andern mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzt, und wenn wir mit (x_1, y_1, z_1, t_1), (x_2, y_2, z_2, t_2) Bilder zweier Elektronen bezeichnen, so ist eine notwendige Bedingung[1]) für die Wirkung eines Elektrons auf das andere:

$$\left.\begin{aligned}(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2 \\ = c^2 (t_1 - t_2)^2,\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

wo c die Strahlungsgeschwindigkeit ist. Diese Bedingung läßt sich so deuten, daß man sagt, Kugeln mit den Halbmessern $c(t_2 + D)$, $c(t_1 + D)$, mit den Mittelpunkten (x_2, y_2, z_2), (x_1, y_1, z_1) berühren einander. Zwei Bilder eines Systems, in denen eine Anzahl von Bedingungen dieser Art erfüllt sind, kann man also erhalten, wenn man eine Anzahl von Kugeln beschreibt, die einander berühren, und in ihre Mittelpunkte Elektronen setzt zu Zeiten, die durch die Kugelhalbmesser bis auf eine willkürliche Konstante bestimmt sind.

Ein Bild eines Systems von besonderem Interesse kann man folgendermaßen erhalten:

Man nimmt zwei konzentrische Kugeln mit den Halbmessern $c(a - \tau)$ bzw. $c(a + \tau)$ und wählt a und τ so, daß man einen geschlossenen Ring von Kugeln mit dem Halbmesser $c\tau$ beschreiben kann, die einander der Reihe nach berühren und auch die beiden anderen Kugeln berühren, wie beim Steinerschen Satz. Eine Reihe von Elektronen möge Bewegungen von der Periode 2τ so ausführen, daß ein Elektron im Mittelpunkte jeder Kugel vom Halbmesser $c\tau$ zu den Zeiten $t - \tau$, $t + \tau$, $t + 3\tau$, ... sei, ferner ein Elektron im Mittelpunkte der

1) Es ist zweifelhaft, ob diese Bedingung hinreichend ist oder nicht. Nach neueren Anschauungen ist die Energiestrahlung sowohl räumlich als zeitlich diskontinuierlich, und wenn die Wirkung eines Elektrons auf ein anderes von einem Energieflusse herrührt, so können zwei benachbarte Elektronen nur dann aufeinander wirken, wenn Energie in der Verbindungsrichtung der beiden Bilder fließt.

Kugeln vom Halbmesser $c(a+\tau)$ zu den Zeiten $t-a-\tau$, $t-a+\tau$, ... und ein weiteres zu den Zeiten $t+a-\tau$, $t+a+\tau$, ... Dann ist folgendes klar: Wenn wir zwei einander berührende Kugeln vom Halbmesser $c\tau$ nehmen und eines der zugehörigen Elektronen zur Zeit $t-\tau$ und das andere zur Zeit $t+\tau$ betrachten, dann ist das erste in einer solchen Lage, daß es eine Störung hervorbringt, welche das zweite Elektron zur Zeit $t+\tau$ berühren wird; ferner ist das zweite zu dieser Zeit in solcher Lage, daß es eine Störung hervorbringt, welche das erste zur Zeit $t+3\tau$ erreichen wird. Soweit die Geometrie in Frage kommt, können die Elektronen wechselseitig so aufeinander wirken, daß Wirkung und Gegenwirkung entgegengesetzt gleich, aber durch ein Zeitintervall 2τ voneinander getrennt sind.

Wenn wir andererseits beide Elektronen zu derselben Zeit $t-\tau$ betrachten und sie mit (x_1, y_1, z_1, t_1), (x_2, y_2, z_2, t_2) bezeichnen, so wird die Bedingung

$$\left.\begin{aligned}(x_1-x_2)^2+(y_1-y_2)^2+(z_1-z_2)^2\\ -c^2(t_1-t_2)^2=\text{const.}\end{aligned}\right| \quad (2)$$

erfüllt. Diese Bedingung können wir als eine Bedingung für die Starrheit ansehen[1]).

Die Bedingungen (1) und (2) sind auch bei den Elektronen erfüllt, die sich in den Mittelpunkten eines Kugelpaares mit den Halbmessern $c\tau$ bzw. $c(a+\tau)$ befinden.

Wenn wir das eben beschriebene Elektronensystem ein elementares System in stationärer Bewegung nennen, so können wir ein entsprechendes elementares System in quasi gleichförmiger Bewegung erhalten, wenn wir eine Lorentzsche Transformation anwenden. Die Bedingungen (1) und (2) sind bei dieser Transformation invariant und werden daher in dem System in quasi-gleichförmiger Bewegung erfüllt.

Die Bedingung (1) ist invariant für eine Gruppe von Transformationen, die allgemeiner ist als die von Lorentz und Einstein. Die in Rede stehende Gruppe ist isomorph mit der Gruppe konformer Transformationen in einem vierdimensionalen Raume und besitzt die bemerkenswerte Eigenschaft, daß die Grundgleichungen der Elektronentheorie für jede Transformation der Gruppe invariant sind[2]).

Nehmen wir an, daß der Bewegungszustand eines elementaren Systems, nachdem es heftig gestört worden ist und sich von der Erschütterung wieder erholt hat, aus dem früheren Zustande durch eine Transformation erhalten wird, bei welcher die elektrodynamischen Gleichungen ihre Form unverändert beibehalten, so können durch geeignete Transformationen eine Reihe neuer Typen elementarer Systeme bestimmt werden, aber im allgemeinen wird die Bedingung für die Starrheit (2) nicht erfüllt. Da indessen die Transformationen, bei denen die Bedingung (1) erfüllt wird, eine Gruppe bilden, so ist es möglich, daß das Produkt einer Anzahl Transformationen, bei denen (2) nicht invariant ist, eine Transformation vom Lorentzschen Typus bildet und dann ist (2) für die Gesamttransformation invariant. Wenn daher unser elementares System nach einer Anzahl von Erschütterungen wieder auf einen gleichförmigen Bewegungszustand zurückgebracht wird, so ist die Starrheitsbedingung (2) wieder erfüllt[1]).

Es ist zu bemerken, daß die Transformationen, bei denen (1) invariant ist, nicht die einzigen sind, bei denen die Form der Grundgleichungen der Elektronentheorie ungeändert bleibt. Sind (g_x, g_y, g_z) die Komponenten des Poyntingschen Vektors, so kann man eine Transformation, bei welcher

$$\begin{aligned}&\lambda(dx^2+dy^2+dz^2+c^2dt^2)\\ &+p[(g_x\,dx+g_y\,dy+g_z\,dz)^2-g'\,dt^2]\\ &=dx'^2+dy'^2+dz'^2-c^2dt'^2,\\ &D[(g_y\,dz-g_z\,dy)^2+(g_x\,dz-g_z\,dx)^2\\ &+(g_x\,dy-g_y\,dx)^2]\\ &=(g'_y\,dz'-g'_z\,dy')^2+(g'_z\,dz'-g'_x\,dx')^2\\ &+(g'_x\,dy'-g'_y\,dx')^2,\\ &g'=g_x^2+g_y^2+g_z^2\end{aligned}$$

ist, benutzen, um das gegebene elektrodynamische Feld in ein anderes zu transformieren, sodaß die Richtungen Poyntingscher Vektoren in korrespondierenden Punkten einander entsprechen[2]).

1) Eine Definition der Starrheit, die mit dem Relativitätsprinzip in Einklang steht, hat Max Born, (Ann. d. Phys. (4) **30**, 1, 1909) gegeben.

2) Siehe die Arbeiten von E. Cunningham und mir: Proc. London Math. Soc. 1910.

1) Es ist indessen möglich, daß sich der Wert der Konstanten τ ändert.

2) Proc. London Math. Soc. 1910.

Einen besonderen Transformationstypus erhält man, wenn man

$$\alpha(dV^2-c^2dt^2)=d^2V'^2-c^2dt'^2,$$
$$\beta(dx^2+dy^2+dz^2-dV^2)=dx'^2+dy'^2+dz'^2-dV'^2$$

setzt, wo α, β, V Funktionen von (x, y, z, t) sind und

$$\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial V}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2=1,$$
$$\left(\frac{\partial V'}{\partial x'}\right)^2+\left(\frac{\partial V'}{\partial y'}\right)^2+\left(\frac{\partial V'}{\partial z'}\right)^2=1$$

ist. Der Energiefluß ist normal zu den Oberflächen $V=$ const. Die Formeln, welche die elektrischen und magnetischen Vektoren in den beiden Koordinatensystemen miteinander verbinden, lauten:

$$\begin{aligned}&\mathfrak{E}_x=\mathfrak{E}'_x\frac{\partial(y',z')}{\partial(y,z)}+\mathfrak{E}'_y\frac{\partial(z',x')}{\partial(y,z)}+\mathfrak{E}'_z\frac{\partial(x',y')}{\partial(y,z)}\\ &\mp c\mathfrak{H}'_x\frac{\partial(x',t')}{\partial(y,z)}\mp c\mathfrak{H}'_y\frac{\partial(y',t')}{\partial(y,z)}\mp c\mathfrak{H}'_z\frac{\partial(z',t')}{\partial(y,z)},\\ &\mp c\mathfrak{H}_x=\mathfrak{E}'_x\frac{\partial(y',z')}{\partial(x,t)}+\mathfrak{E}'_y\frac{\partial(z',x')}{\partial(x,t)}+\mathfrak{E}'_z\frac{\partial(x',y')}{\partial(x,t)}\\ &\mp c\mathfrak{H}'_x\frac{\partial(x',t')}{\partial(x,t)}\mp c\mathfrak{H}'_y\frac{\partial(y',t')}{\partial(x,t)}\mp c\mathfrak{H}'_z\frac{\partial(z',t')}{\partial(x,t)},\end{aligned}$$

Streng genommen hängt daher der Typus der Transformation, die uns gestattet, eine spätere Bewegung eines Systems aus einer früheren zu erhalten, von der Richtung des Energieflusses in dem ursprünglichen Systeme ab. In dem Falle eines elementaren Systems in stationärer Bewegung, wo wir es mit einer periodischen Bewegung von sehr kleiner Periode zu tun haben, können wir die Richtung des Energieflusses als unbestimmt ansehen, denn wir können den Energiefluß im Punkte (x, y, z) zur Zeit t für alle Zwecke so ansehen, als erfolge er nach allen Richtungen, in denen im Intervall 2τ ein Energiefluß stattfindet. Die anzuwendende Transformation wird in erster Annäherung von dem Energiefluß unabhängig sein. Die Transformationen, die man anwenden kann, um irgendein elektrodynamisches Feld in ein anderes zu transformieren, sind nun charakterisiert durch eine Beziehung vom Typus

$$\lambda (dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2) = dx'^2 + dy'^2 + dz'^2 - c^2 dt'^2,$$

wo λ irgendeine Funktion von (x, y, z, t) ist, und sie besitzen die Eigenschaft, daß die Bedingung (1) invariant ist. Dann ist es vernunftgemäß, diese Transformationen als die wahrscheinlichsten zu betrachten, welche einen zukünftigen Zustand eines elementaren Systems mit einem gegebenen verknüpfen.

Andere elementare Systeme in stationärer Bewegung kann man erhalten, wenn man geeignete Systeme einander berührender Kugeln konstruiert. Ein einfaches System von einigem Interesse erhält man, wenn man vier einander berührende gleiche Kugeln so anordnet, daß ihre Mittelpunkte in den Ecken eines regelmäßigen Tetraeders liegen und zwei sie alle berührende konzentrische Kugeln beschreibt. Dann nimmt man an, daß ein Elektron sich im Mittelpunkte der einzelnen Kugeln in gleichen Zeitintervallen 2τ befindet.

(Nach dem Manuskript aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 7. März 1910.)

---

wo die oberen Vorzeichen gelten, wenn die Achsen in jedem Falle ein rechtshändiges System bilden. Die Formeln, welche die Volumendichten der Elektrizität und die Geschwindigkeitskomponenten miteinander verbinden, lauten:

$$\varrho w_x = \varrho' w'_x \frac{\partial (y', z', t')}{\partial (y, z, t)} + \varrho' w'_y \frac{\partial (z', x', t')}{\partial (y, z, t)} + \varrho' w'_z \frac{\partial (x', y', t')}{\partial (y, z, t)} - \varrho' \frac{\partial (x', y', z')}{\partial (y, z, t)},$$

$$-\varrho = \varrho' w'_z \frac{\partial (y', z', t')}{\partial (y, z, x)} + \varrho' w'_y \frac{\partial (z', x', t')}{\partial (y, z, x)} + \varrho' w'_z \frac{\partial (x', y', t')}{\partial (y, z, x)} - \varrho' \frac{\partial (x', y', z')}{\partial (x, y, z)}.$$

Diese Gleichungen scheinen für jede Transformation zu gelten, welche die Grundgleichungen der Elektronentheorie invariant läßt.

Die anfängliche beschleunigte Bewegung elektrisch geladener Systeme von endlicher Ausdehnung und die Reaktion infolge der dabei auftretenden Strahlung.

(The Initial Accelerated Motion of Electrified Systems of Finite Extent, and the Reaction produced by the Resulting Radiation.)

Von George W. Walker[1]).

Wenn man die genauen Bewegungsgleichungen eines dynamischen Systems kennt, so ist es im allgemeinen möglich, nach einem ganz bekannten Verfahren die anfängliche Art des Übergangs aus einem stationären in einen variablen Zustand zu bestimmen, selbst dann, wenn die Grundgleichungen sich im allgemeinen Falle nicht vollkommen integrieren lassen. Den Hauptgegenstand der vorliegenden Untersuchung bildete der Nachweis, daß dasselbe Verfahren auf die Bewegungsgleichungen endlicher elektrisch geladener Systeme anwendbar ist. Dabei habe ich beständig im Auge behalten, daß die Ergebnisse auf die Frage nach der elektrischen Trägheit der „Elektronen" anwendbar sein würden, und es schien mir nicht wünschenswert, irgendwelche durch die außerordentliche Kleinheit des elektrisierten Systems begründete Annäherungen einzuführen.

Die verschiedenen bisher angewandten Ausdrücke für die elektrische Trägheit von „Elektronen" mit Geschwindigkeiten, die jener der Strahlung vergleichbar sind, beruhen meiner Ansicht nach ausnahmslos auf der Betrachtung der Energie eines Ruhezustands. Das „quasi-stationäre" Prinzip nimmt an, daß es möglich ist, zutreffende Schlüsse über die Bewegung eines leicht gestörten Systems zu ziehen, wenn die Energie in einem stetigen Zustande bekannt ist. Die logische Unrichtigkeit dieser Annahme ist allgemein anerkannt worden, doch scheint man gehofft zu haben, daß die Schlußfolgerungen nicht weit von der Wahrheit abweichen würden. Das Prinzip enthält zwei Fehler: **1.** Es enthält praktisch den Fehler, daß ein Ausdruck differentiiert wird, der nur für einen stationären Zustand gilt. **2.** Es enthält die fehlerhafte Annahme, daß das gewöhnliche

1) Auszug aus einer Mitteilung an die Royal Society, London. Vorgelegt durch Sir J. Larmor am 27. Januar 1910. (Eingegangen 17. Dezember 1909.)

Verfahren, eine Bewegungsgleichung zu erhalten, gültig sein soll, wenn es sich ergibt, daß die Energie eines stationären Zustands höhere Potenzen der Geschwindigkeit enthält als das Quadrat. Natürlich kann es vorkommen, daß man ein richtiges Resultat erhält, aber die Richtigkeit wird nur durch ein richtiges Verfahren bewiesen. Die Möglichkeit des Versagens des quasi-stationären Prinzips läßt sich leicht durch die Betrachtung eines dynamischen Falles dartun. Wenn sich ein fester Körper in einem Gase bewegt, so bringt jegliche Änderung seiner Geschwindigkeit eine Störung hervor, die in das Gas hineingestrahlt wird. Gerade diese Störung nun wird im quasi-stationären Prinzip vernachlässigt, denn die Energie dieser Störung ist nicht eigentlich in der Energie eines stationären Zustands enthalten. Im elektrischen Falle tritt eine ähnliche Störung auf, aber im Gegensatze zu dem dynamischen Beispiele stellt hier die Bewegung in dem Medium den vorherrschenden Einfluß dar.

Es erscheint klar, daß man, um richtige Resultate zu erhalten, von Grundgleichungen nach einem Verfahren ausgehen muß, das ich als das Newtonsche bezeichnen möchte, um mit dessen Hilfe Bewegungsgleichungen aufzustellen. Das Verfahren von Love zur Analyse elektrischer Schwingungen an einer Kugel lieferte die erforderliche Angriffswaffe für dieses Verfahren.

Die Ergebnisse zeigen, daß die anfängliche Bewegung aus der Ruhe im Falle einer elektrisierten Kugel von zwei linearen Gleichungen beherrscht wird. Unter gewissen Beschränkungen führen diese zu der von Lorentz aufgestellten einen Bewegungsgleichung eines „Elektrons". Sie umfassen somit die Bedingungen, unter denen seine Gleichung gilt, besitzen aber eine größere Allgemeinheit, was für optische Anwendungen wichtig wird.

Beim Übergang zum Falle einer Störung durch die stetige Bewegung mit großer Geschwindigkeit entstand eine Schwierigkeit in betreff der Oberflächenbedingungen. Es handelte sich darum, ob die tangentiale Komponente der elektrischen Kraft im Äther oder der elektrodynamischen Kraft an einer Trennungsfläche zwischen einem geladenen Körper und dem freien Äther kontinuierlich sei. Es erwies sich als unmöglich, zu einem bestimmten Schlusse darüber zu gelangen, was richtig sei. Für und wider jede der beiden Ansichten scheinen Gründe zu sprechen; ich habe deshalb die Folgerungen aus jeder dieser Bedingungen untersucht. Benutzt man die erste dieser Bedingungen, so bestätigt das neue Verfahren den Thomsonschen Ausdruck für die transversale Trägheit; unter Zugrundelegung der zweiten Bedingung dagegen finden wir den Ausdruck von Abraham für die longitudinale Trägheit einer „starr" elektrisierten Kugel bestätigt, indessen nicht seinen Ausdruck für die transversale Trägheit. Diese Ergebnisse für eine leitende Kugel habe ich mit den Ergebnissen verglichen, die Kaufmann auf experimentellem Wege für Becquerelstrahlen gefunden hat. Die Analyse der Versuche zeigt eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit der Thomsonschen Formel, dagegen eine minder gute Übereinstimmung mit der Abrahamschen Formel oder mit dem durch die neue Methode bestätigten korrigierten Ausdruck. Es scheint indessen aus den Kaufmannschen Versuchen hervorzugehen, daß ein beträchtlicher Teil der Trägheit von der gewöhnlichen Art ist.

Ich habe die Methode auf die beschleunigte geradlinige und rotierende Bewegung geladener isolierender Kugeln bei geringen Geschwindigkeiten angewendet. Ich habe dargetan, daß, wenn m' die anfängliche elektrische Trägheit bei geradliniger Bewegung ist, daß dann die Anordnung von $^1/_2\ m'$ im Kugelmittelpunkte und eine gleichmäßige Verteilung von $^1/_2\ m'$ auf der Oberfläche den Trägheitseffekt bei der Drehbewegung ergibt.

Gehen wir zur Schwingungsbewegung über, so haben wir noch zwei lineare Gleichungen zur Bestimmung der Bewegung eines geladenen Leiters und vier lineare Gleichungen für den Fall eines geladenen Isolators. Die Untersuchung zeigt mehrere neue Eigentümlichkeiten, die eine Bedeutung für das Problem der Fluoreszenz zu haben scheinen. Es scheint, daß ein geladenes Teilchen unter dem Einflusse einer auffallenden periodischen Strahlung die Strahlung in einem gewissen Wellenlängenbereiche absorbiert und sie außerhalb dieses Bereichs einfach ausstrahlt. Allgemeine Zerstreuung der auffallenden Strahlung hat keine besondere Bedeutung, aber die Möglichkeit der Absorption läßt einen interessanten Punkt hervortreten. Die Energieansammlung kann nicht unbegrenzt fortgehen, und es muß eine Neuemission hinzukommen, obschon die Gleichungen nicht erkennen lassen, wie. Zweifellos hört die erste Annäherung auf, hinlänglich genau zu sein. Es ist interessant, daß nach den gegenwärtigen Schätzungen vermutlich nur positiv geladene Ionen von molekularen Dimensionen beobachtbare Wirkungen hervorbringen.

Schließlich habe ich den Einfluß der Geschwindigkeit eines bewegten Systems auf die Frequenz und die Dämpfung der Grundschwingungen betrachtet. Die Resultate weisen auf die Möglichkeit einer Bedeutung für das Problem des Leuchtens hin.

Anmerkung: Die Arbeit war gegen Ende 1907 praktisch abgeschlossen, doch hat sich die Veröffentlichung durch Gründe privater Natur verzögert. In der Zwischenzeit habe ich den Vorzug gehabt, mit Sir Joseph Larmor über die in Betracht kommenden Punkte sprechen zu können. Er ist zwar keineswegs für irgendeine der in dieser Arbeit zum Ausdruck kommenden Anschauungen irgendwie verantwortlich, aber seine wertvollen Anregungen und kritischen Bemerkungen haben mir die Möglichkeit gegeben, manche Unklarheiten in der Arbeit zu beseitigen. Ich möchte daher meinen Dank für sein Interesse und seine Anregung hier aussprechen.

(Nach Korrekturbogen der Proc. Roy. Soc., London, aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 5. Februar 1910.)

Über die Radioaktivität der Quellen von Bad Dürkheim a. d. Haardt.

Von M. Levin.

Im Jahre 1907 hat E. Ebler[1]) eine Untersuchung über die Radioaktivität der Maxquelle in Bad Dürkheim a. d. Haardt angestellt, nach der das Wasser dieser Quelle außer Radium einen noch unbekannten radioaktiven Stoff enthält. Dieser Stoff reichert sich „in der beim Salinenbetrieb in Dürkheim erhaltenen Mutterlauge, welche als Material für Solbäder in den Handel kommt", an und Ebler glaubt Anhaltspunkte für die Annahme zu haben, daß diese „Substanz nicht Radium, sondern ein anderes von Radium und auch von Thorium und Uranium verschiedenes radioaktives Element enthält, das seinem chemischen Charakter nach zur Gruppe der Alkalien gehört". In einem Vortrage, gehalten auf der 81. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte 1909[2]), hat Ebler die Ansicht ausgesprochen, daß die Radioaktivität der Alkalimetalle nicht auf einer spezifischen Radioaktivität der Kalium- und Rubidiumverbindungen beruhe, sondern daß es ein sechstes noch höheratomiges Alkalimetall als das Cäsium gäbe, das in spurenhafter Beimischung die Radioaktivität seiner nächsten Verwandten, der übrigen Alkalimetalle, bedinge. Dieses Alkalimetall hofft er in der von ihm im Dürkheimer Wasser aufgefundenen Substanz isolieren zu können.

1) E. Ebler, Verhandl. des Naturhistorisch-mediz. Vereins zu Heidelberg, N. F. **9**, 87, 1907.

2) Ber. d. Deutschen Physikal. Gesellschaft **11**, 526, 1909; vgl. auch den Bericht über einen von E. Ebler gehaltenen Vortrag, Zeitschr. f. angew. Chem. **21**, 2060, 1908.

Gründe, welche gegen die von Ebler vertretene Auffassung der Radioaktivität der Alkalimetalle sprechen, sind von M. Levin und R. Ruer in einer Arbeit über die Radioaktivität der gewöhnlichen Materie[1]) angeführt worden. Im folgenden wird über einen Versuch berichtet, durch eine Untersuchung des Dürkheimer Wassers näheren Aufschluß über die Existenz eines hochatomigen radioaktiven Alkalimetalls zu erhalten.

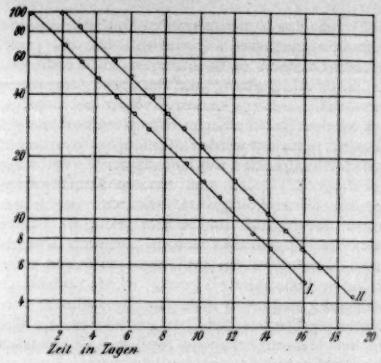
Als Material zur Untersuchung dienten 10 Liter von der Bad- und Salinenverwaltung von Bad Dürkheim bezogener Mutterlauge, in welcher sich nach der oben angeführten Bemerkung Eblers der unbekannte Stoff in konzentrierterer Form findet.

Das Dürkheimer Quellwasser gibt eine Emanation ab, deren Abklingung Ebler in der Weise untersucht hat, daß in sorgfältig abgefüllten und verschlossen aufbewahrten Wasserproben von je 1 Liter, von denen der Zeitpunkt der Entnahme genau notiert war, zu verschiedenen Zeiten die noch vorhandene Menge Emanation festgestellt wurde. Für die Zerfallsperiode der Emanation erhielt Ebler im Mittel den Wert 4,34 Tage. Die in der Literatur für die Periode der Radiumemanation angegebenen Zahlen schwanken zwischen den Werten 3,72 und 3,99 Tagen. Nach den sehr sorgfältigen Messungen von G. Rümelin[2]) ist der Wert für die Zerfallsperiode der Radiumemanation sicher kleiner als 3,80 Tage und liegt wahrscheinlich in der Nähe von 3,75 Tagen. Der von Ebler erhaltene ist also erheblich höher als die bisher für die Zerfallsperiode der Radiumemanation unter normalen Bedingungen erhaltenen Werte; dieses Ergebnis ist von Ebler durch die erwähnte Annahme einer noch nicht bekannten Emanation von größerer Lebensdauer als die der Radiumemanation gedeutet worden.

Die Messung der Zerfallsgeschwindigkeit der von der Dürkheimer Mutterlauge abgegebenen Emanation wurde von mir nach einer von der Eblerschen abweichenden Methode ausgeführt. Die Mutterlauge wurde während eines Zeitraums, der zwischen 0,76 und 8 Tagen schwankte, in einem geschlossenen Gefäße sich selbst überlassen. Die während dieser Zeit sich ansammelnde Emanation wurde dann mit Hilfe eines durch die Flüssigkeit hindurchperlenden Luftstromes in ein evakuiertes Elektroskop gebracht, das nach Herstellung des Atmosphärendrucks geschlossen wurde. Die Aktivität der in dem Elektroskop eingeschlossenen Emanation wurde in der üblichen Weise gemessen.

1) Diese Zeitschr. **10**, 576, 1909.

2) G. Rümelin, diese Zeitschr. **8**, 803, 1907.



Die Resultate zweier Versuchsreihen sind in der Figur wiedergegeben, in der als Abszissen die Zeit in Tagen, als Ordinaten die Logarithmen der Aktivität aufgetragen sind. Die Zeit der Ansammlung der Emanation betrug bei diesen Beispielen 7 bzw. 8 Tage. Wie die Figur erkennen läßt, fällt die Aktivität der Emanation nach einem Exponentialgesetz ab, von dem sich auch bei den kleinsten gemessenen Werten von etwa 5 Proz. der Anfangsaktivität keine Abweichung zeigt. Für die Periode der Emanation ergeben sich durch graphische Auswertung aus diesen beiden Versuchsreihen die Werte 3,71 bzw. 3,73, im Mittel 3,72 Tage. Die übrigen nicht ausführlich mitgeteilten Versuche gaben Resultate, die hiermit nahe übereinstimmten.

Die aus der Mutterlauge erhaltene Emanation rührt also von Radium her, und es fand sich keine Andeutung für das Vorhandensein einer Emanation, deren Lebensdauer größer wäre als die des Radiums. Die Aussicht, daß durch eine längere Aufspeicherung der Emanation die Nichtexistenz einer langlebigen Emanation mit größerer Sicherheit hätte nachgewiesen werden können, erscheint sehr gering, wenn man bedenkt, daß bereits 50 Proz. der Maximalmenge der Emanation gebildet werden, wenn man die emanierende Lösung einen Zeitraum von der Größe der Zerfallsperiode sich selbst überläßt, und daß die langlebigere Emanation, wenn sie im Anfange nur wenige Prozente der Gesamtaktivität ausgemacht hätte, die Endwerte der Messungsreihen doch erheblich hätte vergrößern müssen.

Worauf der von Ebler beobachtete größere Wert zurückzuführen, ob er z. B. vielleicht mit der Beobachtung von Rutherford zu verknüpfen ist, daß man durch fraktionierte Destillation flüssiger Radiumemanation Emanation erhält, die ihre Aktivität mit einer Periode von mehr als 4 Tagen verliert, ist durch die obigen Versuche, da sie keine Andeutung für einen langsameren Zerfall erkennen ließen, nicht zu entscheiden.

Bei der Untersuchung des von der Emanation der Dürkheimer Quellen gebildeten aktiven Niederschlags erhielt Ebler Zerfallskurven, deren unregelmäßige Abweichungen von der Zerfallskurve des aktiven Niederschlags des Radiums möglicherweise durch Versuchsfehler erklärt werden können. Bei den von mir ausgeführten Versuchen zeigte die Aktivität, nachdem die Emanation in das Elektroskop eingeführt war, die für den aktiven Niederschlag des Radiums charakteristische Form der Zunahme und nach dem Ausblasen der Emanation das entsprechende Abklingen. Mit Rücksicht auf die über die Zerfallsperiode der Emanation gemachten Angaben glaube ich von der Mitteilung von Zahlen über den Zerfall des aktiven Niederschlags absehen zu dürfen.

Bei dem Versuch, die in der Mutterlauge enthaltene radioaktive Substanz chemisch abzuscheiden, hat Ebler die bemerkenswerte Beobachtung gemacht, daß bei der Fällung der in der Mutterlauge enthaltenen Erdalkalimetalle durch Schwefelsäure der Niederschlag nicht radioaktiv ist. Da die Bedingungen, unter denen die Aktivität eines festen radioaktiven Präparats zur Messung gelangt, nicht die gleichen sind, unter denen die Strahlen einer Emanation im Gaszustande zur Wirksamkeit gelangen, weil in dem einen Fall mit einer großen, im anderen mit einer sehr geringen Absorption der Strahlen gerechnet werden muß, wurde der Versuch der Ausfällung der Sulfate in folgender Weise wiederholt. Die Emanation von etwa 500 ccm Mutterlauge wurde in das Elektroskop eingeführt und ihre Maximalaktivität gemessen. Sodann wurden die Erdalkalimetalle mit überschüssiger Schwefelsäure gefällt; nachdem das Filtrat eine Zeitlang sich selbst überlassen war, wurde die Emanation auf ihre Aktivität untersucht. Unter Berücksichtigung der Zeiten, während welcher die Emanation sich hatte ansammeln können, ergab sich, daß die Stärke der Aktivität durch die Ausfällung der Sulfate praktisch nicht geändert worden war.

Da, wie oben gezeigt wurde, die Mutterlauge Radium enthält, ergibt sich also das Resultat, daß das Radium von den Sulfaten der in der Mutterlauge enthaltenen Erdalkalimetalle nicht mitgerissen wird.

In der Mutterlauge finden sich nach Bunsen, wie Ebler anführt, von den Erdalkalien nur Strontium, Kalzium und Magnesium. Barium ist selbst in 10 Litern Maxquellenwasser nicht nachweisbar. Es lag nun nicht fern, zu ver-

suchen, ob das Radium in Lösung bleibt, wenn ein Zusatz eines Bariumsalzes in Form des Sulfats aus der Mutterlauge gefällt wird. Zu der Lösung, aus welcher die in ihr ursprünglich vorhandenen Erdalkalimetalle bereits entfernt waren, wurde daher etwas Bariumchlorid hinzugesetzt und ein Überschuß von Schwefelsäure hinzugefügt. Das Gewicht des erhaltenen Niederschlags betrug etwa den zehnten Teil von dem des ursprünglichen Niederschlags; beide waren vor der Wägung im Trockenschranke getrocknet worden.

Die von dem Bariumsulfat abfiltrierte Lösung wurde nach einiger Zeit auf ihren Emanationsgehalt untersucht. Die Aktivität der von der Lösung abgegebenen Emanation war so gering, daß sie innerhalb der geringen Schwankungen lag, welchen der natürliche Ladungsverlust des Elektroskops ausgesetzt war. Jedenfalls betrug sie weniger als 1 Proz. der Aktivität, welche mit der ursprünglichen Lösung erhalten war. Das Radium war also quantitativ mit dem Bariumsulfat aus der Lösung entfernt worden. Hieraus geht hervor, daß es nicht erlaubt ist, die Tatsache, daß die in der Mutterlauge vorhandenen Erdalkalimetalle nach ihrer Fällung als Sulfate das Filtrat aktiv zurücklassen, als Argument für den Schluß zu verwenden, daß in der Mutterlauge nicht Radium, sondern ein hochatomiges Erdalkalimetall vorhanden sei.

Auf einige vom chemischen Standpunkt aus interessierende Fragen, die sich an das auffallende Verhalten des Radiums anknüpfen, soll hier nicht eingegangen werden.

Göttingen, Institut für physikalische Chemie, 12. März 1910.

(Eingegangen 14. März 1910)

Über den Verlauf der Dispersion im elektrischen Spektrum von Benzol, Toluol und Azeton.

Von A. R. Colley[1]).

I. Messungen in Benzol und Toluol. Die Anordnung der Messungen.

Die Messungen in Benzol und Toluol bieten keinerlei Schwierigkeiten und bei Beobachtung einer ausreichenden Anzahl von Knoten kann die Größe des Brechungsindex leicht bis auf hundertstel Prozent genau bestimmt werden.

Bei solchen genauen Messungen müßte man aber bei Flüssigkeiten, deren Brechungsindex 1,5 ist, meterlange Tröge verwenden, man wäre daher auf das Experimentieren mit sehr großen Flüssigkeitsmengen angewiesen, was aus praktischen Gründen nicht immer möglich erscheint. In dieser Abhandlung sind deswegen Messungen in verhältnismäßig kurzen Trögen beschrieben, bei welchen nur die Lagen des ersten und zweiten Knotens bestimmt werden konnten. Die Messungen des Brechungsindex wurden aus der Bestimmung der Lage des ersten und zweiten Knotens relativ zur Flüssigkeitsgrenze erhalten, da, abgesehen davon, daß in solchem Falle die Größe des Brechungsindex exakter erhalten werden kann, dieses Messungsverfahren, wie es in einer früheren Abhandlung[1]) gezeigt wurde, unbedingt notwendig erscheint, falls das Vorkommen von Dispersionsbanden nicht ausgeschlossen ist. Bei solcher Messungsmethode muß bei Berechnung des Brechungsindex aus den bestimmten Knotenlagen die Größe der Brückenverkürzung bekannt sein. Dieselbe wurde näherungsweise bei den Messungen in Benzol, bei welchen der Abstand zwischen den Drähten gleich 1 cm war und Plattenbrücken benutzt wurden, gleich 2,4 mm gesetzt (für Luft ist die Brückenverkürzung 2,5, für Azeton 2,0 mm). Die weiteren Messungen ergaben aber, daß die erforderliche Korrektion sich in folgender Weise genau bestimmen läßt.

Aus Messungen in Benzol, bei welchen die oben angegebene Korrektion vorläufig gebraucht wurde, folgt, daß in einem gewissen Wellenintervall Benzol keine Dispersion besitzt, was daraus geschlossen wurde, daß die Wellenlängen, die aus den Lagen des ersten und zweiten Knotens berechnet sind, sehr nahe gleich sind, und für verschiedene Schwingungsperioden dieselbe Größe des Brechungsindex ergeben; berücksichtigt man, daß in diesem Spektrumsintervall die erste und zweite Wellenlänge genau gleich sein müssen, so erscheint es möglich auf Grund aller Messungen, die sich auf diesen Spektrumteil beziehen, die Korrektion genau zu bestimmen; die auf diese Weise erhaltene Korrektion ist bei der Berechnung aller unten angeführten Resultate zugrunde gelegt. Sie erwies sich der Größe nach derjenigen, die man als vorläufige gebrauchte, als sehr naheliegend. Was die Genauigkeit der erhaltenen Resultate betrifft, soweit dieselbe von der Genauigkeit der Bestimmung der einzelnen Knoten abhängt, so übersteigt der Fehler schon bei Bestimmungen des Brechungsindex aus der Lage des zweiten Knotens nicht 0,1 bis 0,2 Proz., da der Fehler in der Bestimmung der Lage des einzelnen Knotens weniger als 0,3 bis 0,5 mm, die Länge der Halbwelle in Flüssig-

1) Unter Mitwirkung des Verfassers aus dem Russischen übersetzt aus dem Journ. d. russ. phys. Ges. **40**, 228, 1908.

1) Diese Zeitschr. **10**, 657, 1909. In der vorliegenden Abhandlung sind alle Bezeichnungen der zitierten Abhandlung beibehalten, die weiter als „Abhandlung III" bezeichnet werden soll.

keit von der Größe von 200 mm ist. Zur Erzielung möglichst präziser Messungen ist sorgfältig darauf zu achten, daß 1. die Flüssigkeitsgrenze sich in richtiger Lage befinde, wozu eine möglichst genaue Bestimmung der ersten Knotenlage in Luft erforderlich ist; in den wahren Knoten wird dabei die Vorderwand des Troges (nicht die Flüssigkeitsgrenze) gelegt, weil die Dielektrizitätskonstante des Glases jedenfalls nicht kleiner als die von Benzol und Toluol ist; 2. daß der Nullpunkt des Maßstabes relativ zur Flüssigkeitsgrenze während der ganzen Reihe von Messungen eine unveränderte Lage bewahre.

Viel bedeutendere Fehler (bis 1 Proz.) können aber in die Messungen durch folgende Umstände hineingebracht werden:

I. Bei der Anordnung II ist der Vibrator sowohl mit dem primären System als auch mit dem sekundären gekoppelt. Dadurch kann die Welle des Vibrators eine leichte Verschiebung der ersten Knoten hervorrufen, worauf schon an anderer Stelle hingewiesen wurde[1]). Solche Verschiebungen können aber dadurch vermieden oder wenigstens stark verkleinert werden, daß man die Anordnung I benutzt, wo der Vibrator nur mit dem Primärsystem gekoppelt ist[2]).

II. Bei kurzen Trögen befinden sich die Knoten, deren Lage zu bestimmen ist, unweit der hinteren Flüssigkeitsgrenze. Fällt die hintere Flüssigkeitsgrenze (die Hinterwand des Troges) mit dem Bauch der elektrischen Kraft zusammen, so resoniert das durch die bewegliche Brücke und die hintere Flüssigkeitsgrenze abgegrenzte System auf die Welle des erregenden Systems und die Lagen des ersten und zweiten Knotens werden verschoben[3]). Weitere Messungen haben gezeigt, daß auch solche Fälle vorkommen können, wo nur der erste Knoten falsch liegt, die Lage des zweiten Knotens dagegen nicht verschoben wird und umgekehrt. Diese Erscheinung ist durch die Resonanz des Hinterteiles der Drähte auf die Welle des Vibrators zu erklären. Es ist leicht, sich von der Richtigkeit dieser Erklärung durch den Versuch zu überzeugen: ersetzt man den Vibrator durch einen anderen mit einer kleineren oder größeren Periode, so verschwindet die Verschiebung der Knotenlage, wobei es klar ist, warum nur einer der Knoten verschoben wird. Die Vibratorwelle ist überhaupt der Welle des erregenden Systems nicht gleich, und ist eine Resonanz auf die Vibratorwelle vorhanden, während die Brücke z. B. im ersten Knoten liegt, so wird die Resonanz bei der Verschiebung der Brücke in den zweiten Knoten gestört. Diese möglichen Fehler, die die bedeutendsten und gefährlichsten sind, können jedoch leicht vermieden werden, wenn bei einer bestimmten Wellenlänge des erregenden Systems die Größenverhältnisse des Troges und die Schwingungsperiode des Vibrators passend gewählt werden, oder wenn hinter der beweglichen Brücke eine zweite so aufgelegt wird, daß das durch die Brücken abgeschnittene System weder auf die Welle des erregenden Systems, noch auf die Welle des Vibrators resonieren kann. Solche Kontrollmessungen mit einer aufgelegten Brücke wurden für die Mehrzahl der Bestimmungen des Brechungsindex ausgeführt und sind in den unten angeführten Messungstabellen mit der Anmerkung „mit Brücke" bezeichnet.

Die endgültige Versuchsanordnung war folgende. Die Einrichtung des Systems ist in Abh. I, S. 332 beschrieben und war derart, daß sie es ermöglichte, sowohl zur Anordnung I, wie auch zur Anordnung II leicht überzugehen. Um die Anordnung I zu erhalten, welche bei den Messungen benutzt war, wurde die Brücke B an die Brücke A herangeschoben und in der Luft die verschiebbare Brücke B_1 aufgelegt; als erregendes System erscheint dabei das System AB_1. Die Dimensionen des Troges waren $520 \times 47 \times 80$ mm, die Höhe der Drähte über dem Boden des Troges war 35 mm, die Flüssigkeitshöhe —65 mm, die Seitenwände hatten die Stärke von 3 mm, die Vorder- und Hinterwand eine solche von 1 mm.

Nachdem die Wellenlänge in Luft bestimmt war und die Vorderwand des Troges in die richtige Lage gelegt, wurden die Messungen bei unveränderter Lage des Troges und der anderen Teile der Versuchsanordnung erst in Benzol, dann in Toluol oder umgekehrt vorgenommen. Bei solchem Verfahren beziehen sich die Messungen in der einen und der anderen Flüssigkeit auf identisch gleiche Schwingungszahlen, dabei bietet solche Messungsmethode nicht nur die Vorteile einer bedeutenden Zeitersparnis, sondern auch große Bequemlichkeit beim Vergleich der Dispersionskurven.

Es wurde eine größere Anzahl von Messungen für Toluol als für Benzol gemacht, um aber einzelne Beobachtungspunkte bequem vergleichen zu können, entsprechen gleichen Wellenlängen in der Luft gleiche Nummern in den Tabellen. Die erhaltenen Resultate sind unten angeführt.

1) Abh. I, diese Zeitschr. **10**, 333, 1909.

2) In vielen Beziehungen erscheint es für die Technik genauer Messungen wichtig, den Vibrator durch ein System zu ersetzen, welches im erregenden System Schwingungen durch einen starken „elektrischen Stoß" hervorruft. Auf Grund vorläufiger Versuche scheint mir eine solche Konstruktion praktisch ausführbar.

3) Vgl. Abh. I, l. c. S. 336.

Resultate der Messungen im Spektrum des Benzols.

Die Messungen waren in einer Portion Benzol, von Kahlbaum bezogen (nach dem Katalog: thiophenfrei), ausgeführt.

Die Größen der Brechungsindizes, die bei verschiedenen Temperaturen erhalten wurden, sind auf 17,0° reduziert worden nach der Formel

$$n_t = n_{17,0} - 0{,}00060\,(t - 17{,}0),$$

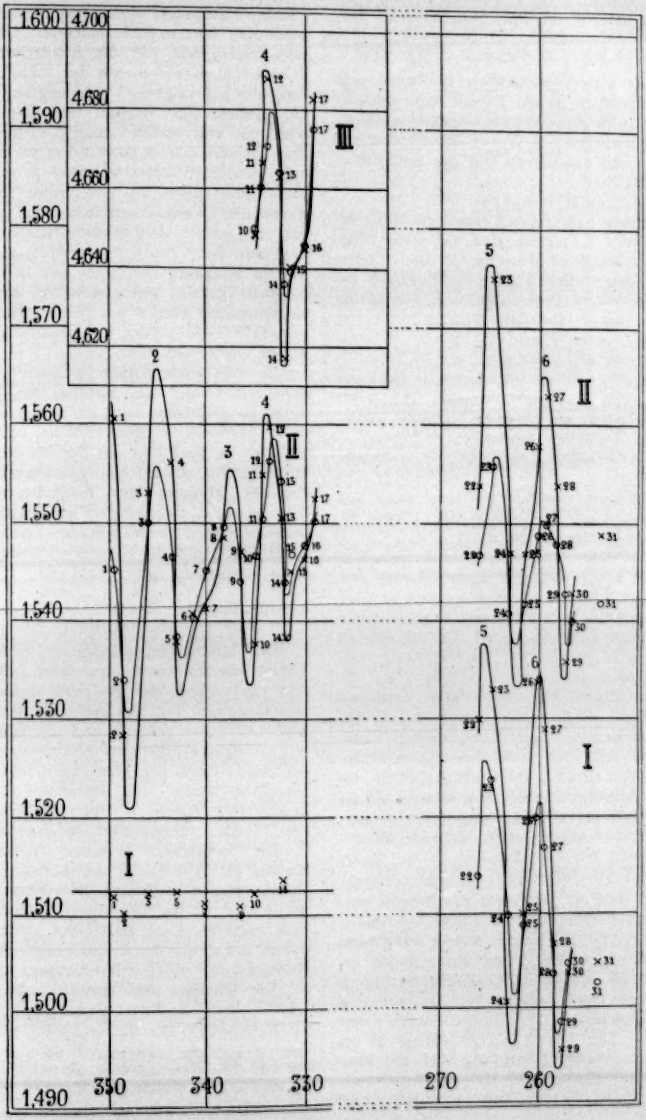
die auf Grund der Messungen von Tangl[1]) berechnet worden ist. Die Resultate sind in der unten angeführten Tabelle I zusammengestellt. Die erste Kolonne enthält die Größen $\frac{A}{2}$ Halbwellenlängen in Luft; die zweite $\left(\frac{\lambda'}{2}\right)$, die dritte $\left(\frac{\lambda''}{2}\right)$ die Halbwellenlängen in Benzol, die aus der ersten bzw. zweiten Knotenlage bestimmt sind; die vierte $\left(\frac{\lambda_r}{2}\right)$ die Halbwellenlängen berechnet aus der relativen Lage der Knoten; für Punkte, die innerhalb der Dispersionsstreifen liegen, sind die Größen $\frac{\lambda_r}{2}$ in Klammern gesetzt, da sie hier keinen bestimmten physikalischen Sinn haben; die fünfte (t) die Temperatur der Flüssigkeit; die sechste (n_t') und siebente (n_t'') die Brechungsindizes bei der Temperatur t berechnet mit Hilfe von $\frac{\lambda'}{2}$ und $\frac{\lambda''}{2}$; die achte ($n'_{17,0}$) und die neunte ($n''_{17,0}$) die Brechungsindizes n_t' und n_t'' reduziert auf 17,0°; die zehnte ($n_{r17,0}$) die Brechungsindizes bei 17,0 berechnet mit Hilfe von $\frac{\lambda_r}{2}$, für die Punkte, die innerhalb der Dispersionsstreifen liegen, sind die Größen $n_{r17,0}$ in Klammern gesetzt; die elfte die Nummern, die die Reihenfolge der Messungen angeben, die zwölfte Anmerkungen zu den Messungen.

Der Vergleich der Größen $\frac{\lambda'}{2}$ und $\frac{\lambda''}{2}$ und

Tabelle 1.

	$\frac{A}{2}$	$\frac{\lambda'}{2}$	$\frac{\lambda''}{2}$	$\frac{\lambda_r}{2}$	t	n'_t	n''_t	$n'_{17,0}$	$n''_{17,0}$	$n_{r17,0}$	No.	Anmerkung
1.	349,68	231,47	231,46	231,44	18,6	1,5107		1,5117		1,5119	19	ohne Brücke
2.	348,70	230,98	231,33	231,59	20,4	1,5078		1,5101		1,5076	20	o. B.
3.	346,03	228,64	228,97	229,29	17,8	1,5116		1,5121		1,5086	17	mit Brücke
5.	342,94	226,73	226,88	227,02	18,0	1,5117		1,5123		1,5112	18	m. B.
7.	340,10	225,46	225,05	—	—	—		—		—	16	o. B.
		225,03	225,07	225,44	17,2	1,5111		1,5112		1,5087		m. B.
9.	336,80	223,20	222,84	—	—	—		—		—	15	o. B.
		222,99	223,04	223,08	18,1	1,5101		1,5108		1,5105		m. B.
10.	335,18	221,98	222,01	221,84	21,2	1,5097		1,5122		1,5134	22	m. B.
14.	332,17	219,95	219,89	219,73	22,0	1,5105		1,5135		1,5147	21	m. B.
18.	319,79	210,79	210,62	—	—	—		—		—		o. B.
		210,83	210,81	210,69	17,7	1,5168		1,5172		1,5177	14	m. B.
19.	307,55	203,63	204,55(!)	—	—	—		—		—		o. B.
		203,42	203,40	203,30	17,7	1,5117		1,5121		1,5132	13	m. B.
20.	290,08	191,69	191,66	191,53	17,9	1,5131		1,5136		1,5146		o. B.
		191,58	191,73	—	—	—		—		—	12	m. B.
21.	274,00	181,15	181,11	(181,06)	18,4	1,506	1,506	1,507	1,507	(1,508)		o. B.
		180,83	181,09	—	—	—	—	—	—	—	1	m. B.
22.	266,27	174,11	175,90	(177,69)	18,4	1,529	1,513	1,530	1,514	(1,501)	11	m. B.
23.	264,99	172,73	173,78	(174,83)	15,4	1 534	1,525	1,533	1,524	(1,515)		o. B.
		172,98	173,98	—	—	—	—	—	—	—	2	m. B.
24.	263,30	175,57	174,46	(173,40)	18,6	1,500	1,509	1,501	1,510	(1,519)		o. B.
		175,76	174,82	—	—	—	—	—	—	—	10	m. B.
25.	261,82	173,52	173,67	(173,81)	18,5	1,509	1,508	1,510	1,509	(1,508)		o. B.
		173,69	173,56	—	—	—	—	—	—	—	8	m. B.
26.	260,41	169,85	171,45	(173,04)	18,8	1,533	1,519	1,534	1,520	(1,506)		o. B.
		170,05	171,38	—	—	—	—	—	—	—	9	m. B.
27.	259,67	169,79	171,09	(172,40)	17,0	1,529	1,517	1,529	1,517	(1,505)		o. B.
		169,47	170,99	—	—	—	—	—	—	—	3	m. B.
28.	258,59	171,63	171,90	(172,19)	18,9	1,506	1,503	1,507	1,504	(1,501)		o. B.
		172,21	171,70	—	—	—	—	—	—	—	6	m. B.
29.	257,73	172,86	172,04	(171,21)	18,9	—	1,498	—	1,499	(1,506)		o. B.
		172,53	172,09	—	—	1,495	—	1,496	—	—	7	m. B.
30.	257,08	171,08	170,92	(170,76)	17,8	1,503	1,504	1,504	1,505	(1,506)		o. B.
		170,79	170,92	—	—	—	—	—	—	—	5	m. B.
31.	254,06	168,70	168,89	(169,09)	17,4	1,505	1,503	1,505	1,503	(1,501)		o. B.
		169,05	168,77	—	—	—	—	—	—	—	4	m. B.

1) K. Tangl, Ann. d. Phys. 10, 748, 1903.


1600
1590
1580
1570
1560
1550
1540
1530
1520
1510
1500
1490
4700
4680
4660
4640
4620
350
340
330
270
260
I
II
III

er Werte von $n_{17,0}$ für Punkte von Nr. 1—20 zeigt, daß Benzol im Spektrumsintervall von $\frac{\Lambda}{2} = 380$ mm bis $\frac{\Lambda}{2} = 290$ mm keine Dispersion besitzt; statt zwei Größen für $n'_{17,0}$ und $n''_{17,0}$ ist deswegen in der Tabelle eine gemeinschaftliche Größe des Brechungsindex eingeführt. Für den Mittelwert der Werte der Brechungsindizes, die sich auf diesen Teil des Spektrums beziehen, hat man

$$n_{17,0} = 1{,}5124.$$

Der mittlere Fehler einer einzelnen Messung ist 0,0019 oder 0,13 Proz., der wahrscheinliche Fehler einer einzelnen Messung ist 0,0013 oder 0,09 Proz., der mittlere Fehler des Resultats ist 0,00057 oder 0,04 Proz., der wahrscheinliche Fehler ist 0,00038 oder 0,03 Proz.

Für $n^2_{17,0}$ erhält man:

$$n^2_{17,0} = 2{,}287.$$

Es soll diese Größe mit den sehr genauen Messungen von Turner[1]), welcher die D.-K. des Benzols nach der Nernst-Methode untersucht hatte, verglichen werden.

Nach Turner ist $\varepsilon_{18,0} = 2{,}288 \pm 0{,}0008$ oder $\varepsilon_{17,0} = 2{,}2898$.

Die Differenz zwischen n^2 und ε ist auf diese Weise gleich 0,12 Proz. der Größe n^2 oder 0,06 Proz. der Größe n.

Eine so nahe Übereinstimmung zwischen den Größen ε und n^2, die für Präparate von verschiedener Reinheit erhalten worden ist (das von mir untersuchte Präparat wurde weder destilliert noch auskristallisiert), ist dadurch zu erklären, daß gemäß der Untersuchung von Turner Benzol ein Körper von sehr steten dielektrischen Eigenschaften ist und deswegen mit Vorteil als „Etalon" zum Vergleich von Dielektrizitätskonstanten gebraucht werden kann. Andererseits soll aber eine solche Übereinstimmung zwischen Größen, die nach gründlich verschiedenen Methoden erhalten worden sind, als sicheres Kriterium zur Bewertung der absoluten Genauigkeit der angewandten Methode dienen.

Im Intervall von $\frac{\Lambda}{2} = 266$ mm bis $\frac{\Lambda}{2} = 256$ mm sind im Spektrum des Benzols zwei scharfe und schmale Dispersionsstreifen gefunden worden (Kurve I). Die Kurve, welche auf Grund der Bestimmungen der ersten Knotenlagen erhalten worden ist, ist in der Zeichnung durch eine stärkere Linie ausgezogen, die aus den zweiten Knotenlagen bestimmte durch eine schwächere. Der letzten Kurve entspricht ersichtlich die größere Dämpfung (vgl. die Messungen in Äthylalkohol, Abh. III), die Dispersionsstreifen sind in diesem Falle weniger scharf ausgeprägt; eine Verschiebung der Streifen für größere Dämpfung in Richtung kürzerer Wellen wird aber hier nicht beobachtet. Diese Resultate zeigen, wie sehr die Erscheinung bei so schmalen Streifen von der zeitlichen Dämpfung der Schwingungen abhängig ist. Trotzdem die Wellen, mit welchen experimentiert wird, sehr rein und verhältnismäßig wenig gedämpft sind, ist man fast an der Grenze, wo die Streifen noch entdeckt werden können. Schon bei Dispersionsmessungen aus den dritten Knotenlagen waren die Dispersionsstreifen kaum wahrnehmbar. Daraus ist zu schließen, daß so schmale Streifen nicht durch Prismenmethode entdeckt werden können. Das wäre nur in dem Falle möglich, daß es gelingen würde, die sich frei ausbreitenden Wellen mit einer Dämpfung, die jedenfalls nicht größer als diejenige der Drahtwellen ist, zu erhalten.

Es soll noch darauf hingewiesen werden, daß auf Grund der Größen $n_{17,0}$, die in Reihe 10 angeführt sind, die Dispersionsstreifen nicht entdeckt werden könnten. Die Untersuchung im Spektrum des Benzols bestätigt also nochmals die schon früher gemachte Erfahrung, daß die Messung der Brechungsindizes aus den relativen Knotenlagen innerhalb der Dispersionsstreifen zu vollkommen falschen Resultaten führt und die zu untersuchende Erscheinung vollständig verbergen kann.

Resultate der Messungen im Spektrum des Toluols.

Die Messungen wurden in einer Portion Toluol von Kahlbaum ausgeführt. Die Reduktion der Größen des Brechungsindex, die bei verschiedenen Temperaturen erhalten worden sind, auf 17,0° geschah nach der Formel

$$n_t = n_{17,0} - 0{,}00076\,(t - 17{,}0),$$

die auf Grund der Messungen von Tangl[1]) berechnet wurde. Die Resultate sind in der angeführten Tabelle 2, die nach dem Schema der Tabelle 1 eingerichtet ist, angeführt.

Die erhaltenen Resultate bestimmen die Kurven II. Die Kurve, welche auf Grund der Bestimmungen der ersten Knotenlagen erhalten ist ($n'_{17,0}$), ist auf der Kurvenzeichnung durch eine stärkere Linie bezeichnet, diejenige, erhalten auf Grund der Bestimmungen der zweiten Knotenlagen ($n''_{17,0}$), durch eine schwächere.

Die Gruppe der Streifen, die zwischen $\frac{\Lambda}{2} = 350$ mm bis $\frac{\Lambda}{2} = 325$ mm liegen, ist von denjenigen zwischen $\frac{\Lambda}{2} = 270$ mm und $\frac{\Lambda}{2} = 250$ mm durch ein Intervall abgegrenzt,

1) B. B. Turner, Z. f. phys. Chem. **35**, 412, 1900.

1) K. Tangl, Ann. d. Phys. **10**, 748, 1903.

Tabelle 2.

	$\frac{\Lambda}{2}$	$\frac{\lambda'}{2}$	$\frac{\lambda''}{2}$	$\frac{\lambda_r}{2}$	t	n'_t	n''_t	$n'_{17,0}$	$n''_{17,0}$	$n_{r\,17,0}$	No.	Anmerkung
1.	349,68	224,28	226,51	(228,73)	19,1	1,559	1,544	1,561	1,545	(1,529)	19	ohne Brücke
2.	348,70	228,53	—	—	20,6	1,526	—	1,529	—	—	20	o. B.
		—	227,66	(227,68)	—	—	1,531	—	1,534	(1,539)		mit Brücke
3.	346,03	222,92	223,35	(223,76)	18,1	1,552	1,549	1,553	1,550	(1,547)	17	m. B.
4.	343,56	221,30	—	—	22,0	1,552	—	1,556	—	—	21	o. B.
		221,32	222,68	(224,03)	—	—	1,543	—	1,547	(1,538)		m. B.
5.	342,94	222,50	222,42	(222,35)	18,6	1,537	1,537	1,538	1,538	(1,539)	18	o. B.
6.	341,34	222,13	222,10	(222,07)	21,8	1,537	1,537	1,541	1,541	(1,541)	22	m. B.
7.	340,10	220,72	220,25	(219,73)	17,6	1,541	1,545	1,541	1,545	(1,549)	16	m. B.
8.	338,35	219,06	218,89	(218,71)	22,1	1,545	1,546	1,548	1,550	(1,551)	23	m. B.
9.	336,80	218,34	218,58	—	—	—	—	—	—	—	15	o. B.
		217,78	218,23	(218,67)	18,3	1,546	1,543	1,547	1,544	(1,541)		m. B.
10.	335,18	217,44	217,21	—	21,6	—	—	—	—	—	26	o. B.
		218,50	217,22	(215,93)	21,8	1,534	1,543	1,538	1,547	(1,556)		m. B.
11.	334,43	215,80	216,40	(217,00)	23,7	1,550	1,545	1,555	1,550	(1,546)	28	o. B.
12.	333,80	214,69	215,19	(215,68)	23,6	1,555	1,551	1,560	1,556	(1,552)	27	m. B.
13.	332,56	214,93	214,42	(213,89)	21,2	1,547	1,551	1,551	1,554	(1,557)	31	o. B.
14.	332,17	216,33	215,69	(215,05)	22,2	1,535	1,540	1,539	1,544	(1,549)	25	m. B.
15.	331,57	214,97	214,71	(214,12)	20,6	1,542	1,544	1,545	1,547	(1,549)	30	o. B.
16.	330,12	213,88	213,65	(213,42)	20,5	1,544	1,545	1,546	1,548	(1,549)	29	o. B.
17.	329,24	212,62	212,87	(213,11)	22,3	1,549	1,540	1,553	1,550	(1,548)	24	m. B.
18.	319,79	206,16	206,12	—	—	—	—	—	—	—	14	o. B.
		206,23	206,21	206,07	17,7	1,5508		1,5513		1,5522		m. B.
19.	307,55	198,05	198,34	198,62	17,8	1,5508		1,5512		1,5494	13	o. B.
		197,90	197,65	—	—	—	—	—	—	—		m. B.
20.	290,08	187,10	187,07	187,03	18,2	1,5504		1,5513		1,5515	12	m. B.
21.	274,00	176,28	177,65	(179,01)	19,7	1,556	1,542	1,558	1,544	(1,530)	1	o. B.
		176,86	177,77	—	—	—	—	—	—	—		m. B.
22.	266,27	171,40	172,13	(172,86)	18,4	1,553	1,546	1,554	1,547	(1,540)	11	
23.	264,99	168,13	170,16	(172,19)	15,8	1,576	1,557	1,575	1,556	(1,537)	2	o. B.
		168,21	170,52	—	—	—	—	—	—	—		m. B.
24.	263,30	170,38	171,09	(171,81)	19,6	1,545	1,539	1,547	1,541	(1,535)	10	o. B.
		170,72	171,10	—	—	—	—	—	—	—		m. B.
25.	261,82	169,32	169,98	(170,63)	18,5	1,546	1,541	1,547	1,542	(1,537)	8	o. B.
		169,40	169,98	—	—	—	—	—	—	—		m. B.
26.	260,41	167,25	168,22	(169,20)	18,6	1,557	1,548	1,558	1,549	(1,539)	9	o. B.
		167,28	168,24	—	—	—	—	—	—	—		m. B.
27.	259,67	166,26	167,63	(169,00)	17,7	1,562	1,549	1,564	1,551	(1,538)	3	o. B.
		166,30	167,76	—	—	—	—	—	—	—		m. B.
28.	258,59	166,57	167,25	(167,93)	19,1	1,552	1,546	1,554	1,548	(1,542)	6	o. B.
	—	166,82	167,38	—	—	—	—	—	—	—		m. B.
29.	257,73	167,98	167,35	(166,72)	19,1	1,534	1,541	1,536	1,543	(1,550)	7	o. B.
	—	168,01	167,33	—	—	—	—	—	—	—		m. B.
30.	257,08	166,67	167,03	(167,39)	18,1	1,542	1,539	1,543	1,540	(1,537)	5	o. B.
	—	166,76	167,03	—	—	—	—	—	—	—		m. B.
31.	254,06	164,16	164,88	(165,59)	17,7	1,548	1,541	1,549	1,542	(1,535)	4	o. B.
	—	164,29	164,53	—	—	—	—	—	—	—		m. B.

wo das Toluol, wie die Punkte Nr. 18—20 zeigen, keine Dispersion besitzt. Die wenigen Beobachtungen, welche diesem Spektrumsteil angehören, erlauben es nicht, die Grenze solcher Gruppen näher festzustellen.

Der Vergleich des Spektrums des Toluols im Bereich von $\frac{\Lambda}{2} = 270$ mm bis $\frac{\Lambda}{2} = 250$ mm mit dem entsprechenden Teil des Spektrums des Benzols ist von großem Interesse.

Die Streifen 5 und 6 des Benzolspektrums sind auch im Spektrum des Toluols vorhanden.

Die Lagen der gleichnumerierten Beobachtungspunkte, welche sowohl im Spektrum des Benzols als auch im Spektrum des Toluols sich auf identisch gleiche Schwingungsperioden beziehen, weisen auf eine sehr geringe Verschiebung der Toluolstreifen zu kürzeren Wellen hin.

Ein solcher Zusammenhang zwischen dem Bau des Spektrums und der chemischen Zusammensetzung, welcher für das Lichtspektrum gut bekannt ist, ist also bei dieser Gelegenheit auch für das elektrische Spektrum festgestellt worden.

Messungen im Spektrum des Azetons. Resultate der Messungen im Bereich von $\frac{\Lambda}{2} = 300$ mm bis $\frac{\Lambda}{2} = 180$ mm.

Die Messungen im Bereich von $\frac{\Lambda}{2} = 300$ mm bis $\frac{\Lambda}{2} = 180$ mm sind unmittelbar nach den

Messungen im Wasserspektrum gemacht worden, dabei sind die Größen der Brechungsindizes aus den relativen Knotenlagen bestimmt worden. Die auf diese Weise erhaltenen Resultate geben für alle untersuchten Schwingungsperioden eine und dieselbe Größe des Brechungsindex; in diesem Teil des Spektrums besitzt also Azeton keine Dispersion. Da in solchem Falle die Bestimmung der Brechungsindizes aus den relativen Knotenlagen nicht nur zulässig, sondern auch vorzuziehen ist, sind die erhaltenen Resultate unten angeführt. Jedenfalls ist es möglich, daß bei genügend großen Zwischenräumen unter einzelnen Beobachtungspunkten einzelne Streifen unbemerkt geblieben sind, was allerdings wenig wahrscheinlich ist. Die Messungen sind mit der Anordnung 2 ausgeführt worden. Der Abstand zwischen den Drähten war 1 cm, die Dimensionen des Troges $620 \times 70 \times 90$ mm, die Höhe der Flüssigkeit im Troge war 70 mm. Um festzustellen, ob der Trog genügend groß war, um keinen bedeutenden Fehler in die Resultate hineinzubringen, wurde in demselben Troge eine Messung für Wasser vorgenommen, dabei für den Spektrumsteil, wo das Wasser keine Dispersion besitzt. Die für Wasser erhaltene Größe des Brechungsindex war um 0,4 Proz. kleiner als die tatsächliche (8,923 statt 8,959). Auf Grund der Untersuchung von Drude ist daher zu schließen, daß der Fehler in vorliegendem Falle einige hundertstel Prozent nicht überschreitet.

Die zu untersuchende Portion Azeton wurde von der Firma Faust-Göttingen bezogen (spez. Gew. bei $15{,}2^0$ — bezogen auf Wasser bei 15^0 — 0,797).

Alle Größen des Brechungsindex, welche bei verschiedenen Temperaturen erhalten waren, sind nach der Formel auf 17^0 reduziert:

$$n_t = n_{17,0} - 0{,}0129\,(t - 17{,}0).$$

Der Koeffizient 0,0129 ist aus Messungen für $\frac{\Lambda}{2} = 300{,}19$ mm bei zwei bedeutend verschiedenen Temperaturen bestimmt worden (Punkt Nr. 1, Tabelle 3). Die Resultate der Messungen sind unten in der Tabelle 3 zusammengestellt, deren Bezeichnungen keiner Erklärungen bedürfen.

Tabelle 3.

	$\frac{\Lambda}{2}$	$\frac{\lambda}{2}$	t	n_t	$n_{17,0}$	Nr.	Der letzte zu bestimmende Knoten
1.	300,19	62,53	4,5	4,801	4,640	4	6
		65,94	23,8	4,552	4,640	—	6
2.	286,93	61,27	13,5	4,683	4,638	5	6
3.	269,40	57,09	10,2	4,720	4,632	1	6
4.	261,57	55,14	8,8	4,745	4,639	2	6
5	253,20	53,60	10,8	4,723	4,643	3	6
6.	247,10	52,58	12,2	4,700	4,638	9	7
7.	230,06	49,14	12,5	4,694	4,635	6	7
8.	208,42	44,51	14,0	4,679	4,640	8	7
9.	193,70	41,67	12,5	4,696	4,638	7	7
10.	184,18	39,43	14,3	4,671	4,636	10	5

Das Mittel für $n_{17,0}$ ist $4{,}6379 \pm 0{,}0009$[1]) $n^2_{17,0} = 21{,}510 + 0{,}008$.

Resultate der Messungen im Bereich von $\frac{\Lambda}{2} = 350$ mm bis $\frac{\Lambda}{2} = 330$ mm.

Zu Messungen in diesem Spektrumsteil führte folgende Überlegung. Im Intervall von $\frac{\Lambda}{2} = 350$ mm bis $\frac{\Lambda}{2} = 330$ mm besitzt Toluol ein kompliziertes Spektrum, im Spektrum des Benzols werden in der nämlichen Gegend keine Dispersionsstreifen beobachtet. Da der Vergleich des Spektrums des Benzols und des Toluols andererseits darauf hinweist, daß die Spektra chemisch verwandter Körper gleiche Streifen enthalten können, und daß vielleicht bestimmte chemische Gruppen durch bestimmte Streifen charakterisiert werden, so erschien es sehr verlockend, zu prüfen, ob sich in diesem Spektrumsteil des Toluols vielleicht Streifen vorfinden, welche der Methylgruppe angehören. Verhielte es sich so, so müßten solche Streifen auch im Spektrum des Azetons vorhanden sein. Die in der Tabelle 3 angeführten Messungen gingen nicht weiter als bis $\frac{\Lambda}{2} = 300$ mm, sie wurden deswegen von neuem vorgenommen, wobei der Brechungsindex diesmal aus den Knotenlagen relativ zur Flüssigkeitsgrenze bestimmt wurde. Die Messungen wurden bei den nämlichen Einstellungen ausgeführt, bei denen die Brechungsindizes des Benzols und Toluols bestimmt wurden: die einen und die anderen beziehen sich deswegen auf identisch gleiche Schwingungszahlen.

Die Azetonportion wurde von Kahlbaum bezogen.

Die Resultate sind in Tabelle 4 aufgeführt.

In den Kolonnen 2, 3, 4 und 5 sind Halbwellenlängen angegeben, die aus den Lagen des ersten, zweiten, dritten und vierten Knotens in Azeton relativ zur Flüssigkeitsgrenze berechnet sind. Die Brechungsindizes sind nur für den zweiten und vierten Knoten berechnet, angeführt sind ebenfalls die Halbwellenlängen $\left(\frac{\lambda_r}{2}\right)$, die nach der Methode der kleinsten Quadrate aus

1) Aus den Messungen in diesem Intervall des Azetonspektrums sind Korrektionen erhalten worden, die der Berechnung der Resultate für Äthylalkohol zugrunde gelegt worden sind.

Tabelle 4.

	$\frac{A}{2}$	$\frac{\lambda_1}{2}$	$\frac{\lambda_2}{2}$	$\frac{\lambda_3}{2}$	$\frac{\lambda_4}{2}$	$\frac{\lambda_r}{2}$	t	$n_{2,t}$	$n_{4,t}$	$n_{2,17,0}$	$n_{4,17,0}$	$n_{r,17,0}$	No.
2.	348,70	75,38	75,30	$75,34_5$	$75,59_8$	(75,60)	19,0	4,6308	$4,6136_8$	4,6566	$4,6388_6$	(4,6382)	1
4.	343,56	74,09	74,38	$74,45_3$	$74,63_6$	(74,71)	21,0	4,6189	$4,6035_6$	4,6705	$4,6551_0$	(4,6501)	2
6.	341,34	73,48	74,03	74,10	74,06	(74,76	20,6	4,6108	4,6089	4,6568	4,6549	(4,6429)	3
8.	338,35	72,46	73,05	73,45	73,58	(73,98)	21,8	4,6317	4,5982	4,6936	4,6601	(4,6354)	4
10.	335,18	72,88	72,93	72,91	72,98	(72,46)	21,4	4,5959	4,5927	4,6475	4,6495	(4,6472)	7
11.	334,43	72,88	72,81	72,96	72,98	(73,04)	23,0	4,5932	4,5825	4,6654	4,6599	(4,6561)	9
12.	333,80	71,83	72,36	72,48	72,70	(72,97)	23,0	4,6156	4,5914	4,6878	4,6701	(4,6519)	8
13.	334,56	—	72,00	—	72,07	(72,15)	20,5	4,6188	4,6144	4,6626	4,6636	(4,6419)	12
14.	332,17	73,14	72,76	72,52	72,46	(72,21)	21,0	4,5651	4,5842	4,6167	4,6358	(4,6517)	6
15.	331,57	71,85	71,97	72,09	72,12	(72,30)	21,2	4,6070	4,6173	4,6397	4,6387	(4,6402)	11
16.	330,12	71,71	71,62	71,66	71,54	(71,51)	19,8	4,6093	4,6145	4,6441	4,6506	(4,6525)	10
17.	329,24	71,14	71,27	71,43	71,40	(71,52)	21,9	4,6150	4,6112	4,6822	4,6744	(4,6666)	5

1) Für die Punkte No. 2 und 4 beziehen sich $\frac{\lambda_3}{2}$, $\frac{\lambda_4}{2}$, $n_{4,t}$ und $n_{4,17,0}$ auf die Knoten 5 und 6, was unten durch ein entsprechendes Zeichen markiert ist.

der relativen Lage der Knoten berechnet sind, entsprechend die Brechungsindizes $n_{r17,0}$, im übrigen ist die Tabelle nach dem Schema der Tabellen 1 und 2 angelegt.

Die angeführten Resultate zeigen, daß Azeton im untersuchten Teil des Spektrums in der Tat Dispersion besitzt; von Punkt Nr. 10 angefangen sind die Resultate durch die Kurve III dargestellt, wobei die stärker ausgezogene Kurve sich auf die Größen $n_{2,17,0}$, die schwächer ausgezogene auf die Größen $n_{4,17,0}$ bezieht.

Der Vergleich der für Azeton erhaltenen Resultate mit den Resultaten der Messungen in Toluol zeigt, daß nicht nur im gegebenen Teil des Spektrums des Azetons Dispersionsstreifen liegen, sondern auch, daß der Streifen 4 des Spektrums des Toluols sich identisch im Spektrum des Azetons vorfindet.

Ein solcher Streifen muß deshalb der Methylgruppe angehören. In demselben Spektrumsteil liegt auch der Streifen 4 des Spektrums des Äthylalkohols. Man kann jedoch nicht darauf bestehen, daß dieser Streifen des Äthylalkohols in der Tat zu der Methylgruppe gehört, da die Streifen des Äthylalkohols viel breiter sind und deswegen über ihr Zusammenfallen nur annähernd geurteilt werden darf, außerdem könnte ja auch der schmale „Methylstreifen" überhaupt im Spektrum des Äthylalkohols unentdeckt bleiben, da die zeitliche Dämpfung der Schwingungen in Äthylalkohol wegen seiner starken Absorption eine viel bedeutendere sein muß. Diese Resultate berechtigen uns zu vermuten, daß der „Methylstreifen" auch im Spektrum aller Körper, unter anderem auch Gasen, zu finden ist, falls in deren Molekül sich die Methylgruppe auch als Bestandteil findet. Inwieweit solche unsere Erwartungen sich tatsächlich rechtfertigen werden, kann erst die weitere Forschung zeigen.

Die Messungen in Äthylalkohol und die in dieser Abhandlung beschriebenen sind im Physikalisch-chemischen Institut der Universität Göttingen angefangen und (im Sommer 1906) im Physikalischen Institut der Universität Berlin zu Ende geführt worden.

Indem ich meinen Dank Herrn Prof. Nernst und Herrn Prof. Dolezalek sowohl für das Interesse an meiner Arbeit als auch für die liebenswürdige Überlassung aller erforderlichen Hilfsmittel ausspreche, empfinde ich das lebhafte Bedürfnis, in tiefer Dankbarkeit Herrn Prof. Drudes zu gedenken, in dessen Arbeiten ich sowohl Anregung als Leitung gefunden habe und dessen weitgehendes Entgegenkommen es mir ermöglichte, diese Arbeit in dem Institute, welches damals unter seiner Leitung stand, zu Ende zu bringen.

Warschau.

(Eingegangen 9. Februar 1910.)

Der Barretter und seine Verwendbarkeit als Indikator in elektrisch schwingenden Systemen.

Von Wilhelm Kempe[1]).

Benutzte Zeichen.

i_B der im Barretter fließende Strom.
W_B der diesem Strom entsprechende Barretterwiderstand.
$i_{B\,opt}$ der günstigste Heizstrom.
$W_{B\,opt}$ der diesem Strom entsprechende Barretterwiderstand.
$\sigma = \left[\frac{\Omega}{i}\right]$ — Stromfaktor, d. h. die Widerstandszunahme, welche eintritt, wenn der Heizstrom von $i_{B\,opt}$ an um 1 Milliamp. erhöht wird.

1) Mitteilungen der physikal. Versuchsstation Halle-Cröllwitz, Nr. 19.

L_{11} = Koeffizient der Selbstinduktion.
L_{12} = Koeffizient der gegenseitigen Induktion.
C = Kapazität.
C_r = Kapazität in der Resonanzlage.
δ_{50}, δ_{60}, δ_{70} die den Ordinatenwerten 50, 60, 70 Skt. entsprechenden Breiten der Dämpfungskurve.
δ_m mittlere Breite der Dämpfungskurve.
$\left(\delta_m = \frac{\delta_{50} + \delta_{60} + \delta_{70}}{3}\right)$
ν = Frequenz.
K^2 = Koppelungsfaktor.
λ = Wellenlänge.

Der Barretter besteht aus einem Wollastondraht mit dünnem Silbermantel, der in Form einer U-Schleife mit Zuführungen aus Platindraht in ein Glasgehäuse eingefügt wird, das gut evakuiert wird. Am Bogen der Schleife wird der Silbermantel nach einem besonderen Verfahren mit warmer Salpetersäure abgeätzt, so daß die Schleife in diesem Teile nur aus der außerordentlich dünnen (3—5 μ) Platinseele besteht. Der Widerstand der Schleife, der bei gleicher Drahtstärke hauptsächlich durch die Länge des abgeätzten Stückes bedingt ist, hängt stark von dem Heizstrom ab, der durch die Schleife fließt. Die Widerstandsänderung bei Änderung des Heizstromes kann man direkt als Maß für die Stromänderung ansetzen. Der Barretter ist also im Prinzip ein Bolometer, das sich nur durch seinen außerordentlich feinen Draht und die dadurch bedingte hohe Empfindlichkeit von den früheren Bolometertypen unterscheidet. In der Literatur finden sich auch beide Bezeichnungen „Barretter" und „Vakuumbolometer" nebeneinander. Im folgenden wird, um in Übereinstimmung mit einer Reihe anderer Publikationen zu bleiben, die Bezeichnung „Barretter" gebraucht werden.

Bei unseren Untersuchungen wurde der Barretter stets in einer Wheatstoneschen Brückenschaltung benutzt. Die Empfindlichkeit wurde bestimmt in einem System mit Wienscher Stoßerregung (Fig. 1). Die Wellenlänge war 360 m.

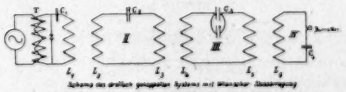


Fig. 1.

Ein Kreis I aus Selbstinduktion und Kapazität parallel zu einer Löschfunkenstrecke mit Wasserstoffatmosphäre geschaltet, wird angeregt durch einen Transformator T, der seine Energie aus einer Teslamaschine empfängt. Lose angekoppelt ist Kreis II, bestehend aus Selbstinduktion, Kapazität und möglichst geringem Ohmschen Widerstand. Zur Aufnahme von Resonanzkurven ist Kreis III, der „Meßkreis", mit variablem Kondensator angekoppelt, er überträgt die Energie auf Kreis IV, in dem der Indikator, in unserem Falle der Barretter, liegt.

Nach den Arbeiten von K. E. F. Schmidt[1]), Rautenkrantz[2]), Neuhaus[3]) sind dabei folgende Resultate gefunden worden:

1. Jeder Barretter zeigt bei einem Heizstrom von gewisser Stärke ein Maximum der Empfindlichkeit. Die Stärke dieses günstigsten Heizstromes, den wir mit $i_{B\,opt}$ bezeichnen wollen, hängt vom Widerstand des Barretters bei gleicher Strombelastung ab. Aus praktischen Gründen ist hierbei zunächst einheitlich eine Normalstromstärke von 0,002 Amp. angenommen worden. Die Stärke des günstigsten Heizstromes ist unabhängig von der Frequenz des zu messenden Wechselstromes (Fig. 2).

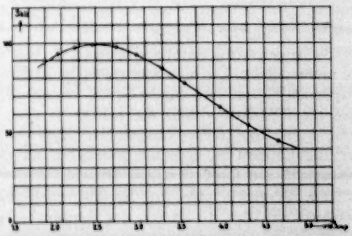


Fig. 2. Abhängigkeit der Empfindlichkeit vom Heizstrom.

2. Eine Reihe von Barrettern aus demselben Draht, mit verschiedener Schleifenlänge, d. h. mit verschiedenem Widerstand, zeigt ungleiche Empfindlichkeit. Die Empfindlichkeit steigt mit wachsendem Widerstand (bezogen auf 0,002 Amp.) und mit wachsendem Stromfaktor $\left(\frac{Q}{i}\right)$ bis zu einem Maximum an und fällt dann wieder ab. Jede Drahtserie hat also einen empfindlichsten Barretter (Fig. 3).

3. Die Empfindlichkeit wächst, wenn das Verhältnis

$$q = \frac{W_B}{W} = \frac{W_3}{W_4},$$

W_B = Barretterwiderstand,
W = Vergleichswiderstand,
W_3, W_4 = Verzweigungswiderstände.

so klein als möglich gemacht wird. Aus Gründen konstruktiver Natur wählten wir für unsere prak-

1) K. E. F. Schmidt, diese Zeitschr. **8**, 601—606, 1907.
2) Rautenkrantz, diese Zeitschr. **9**, 911—915, 1908; **10**, 93—97, 1909.
3) Neuhaus, Dissertation, Halle 1909.

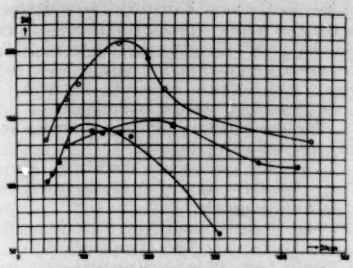


Fig. 3. α-Werte $= f$ (W_B bei $i_B = 2 \times 10^{-8}$ Amp.)
⊙ = 0,00315 mm Pt-Barretter.
⊗ = 0,00525 „ „
○ = 0,0035 „ „ I.

tischen Kombinationen das Verhältnis $q = \frac{1}{10}$

Eine weitere Verkleinerung von q ergibt keine beträchtliche Steigerung der Empfindlichkeit mehr[1]).

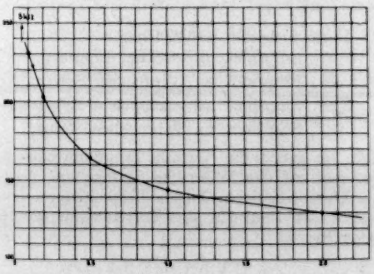


Fig. 4 $\alpha_{max} = f(q)$.

Die Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Summe $(W_3 + W_4)$ zeigt Fig. 5.

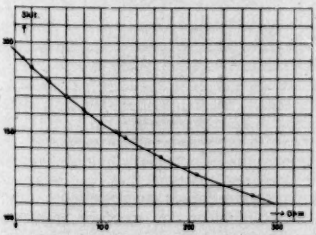


Fig. 5. $\alpha_{max} = f(W_3 + W_4)$.

1) Zöllich, Empfindlichkeit von Barretteranordnungen. Diese Zeitschr. 10, 899, 1909.

Es traten nun folgende Fragen auf:

1. Hängt die Empfindlichkeit einer Drahtserie mit der Drahtstärke und dem Widerstand zusammen?

2. Ergeben sich für Schwingungen anders erregter Systeme die gleichen Verhältnisse?

3. Wie ist der Barretter bei schnellen elektrischen Schwingungen als Indikator zu benutzen und wie sind seine Angaben über Amplitude und Dämpfung zu bewerten?

Um die 1. Frage zu beantworten, mußte das Material von Neuhaus um die Resultate anderer Drahtserien vermehrt werden. Es wur-

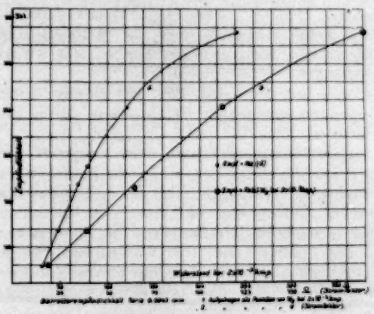


Fig. 6.

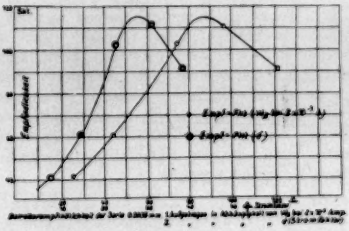


Fig. 7.

den daher 2 Drahtserien 0,0039 mm ⏀ mit dünnem Silbermantel und 0,0043 mm ⏀ mit dickem Silbermantel untersucht. Sie ergaben ähnliche Kurven, wie die früher untersuchten Serien. Die aus der letzteren Serie gefertigten Barretter zeigen eine sehr hohe Empfindlichkeit, der empfindlichste zeigt annähernd die 16fache Empfindlichkeit gegenüber dem besten im Laboratorium befindlichen Thermoelement.

Die Kurven Fig. 6 und 7 zeigen den Verlauf der Empfindlichkeit.

Vergleichen wir diese Resultate mit der von

Neuhaus und Rautenkrantz gefundenen, so ersehen wir daraus:

Eine Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Drahtstärke läßt sich aus dem bisherigen Material nicht folgern.

Der Grund dafür ist meines Erachtens in dem Einfluß der verschiedenen Silbermäntel zu suchen, der bisher noch nicht berücksichtigt wurde. Ein weiterer Grund liegt darin, daß wir alle Widerstandskurven nur für Gleichstrom aufnehmen und die aus ihnen gewonnenen Daten auf Wechselströme bezw. schnelle Schwingungen anwenden, während die Widerstandsänderungen im Wechselstrom tatsächlich ganz andere sein werden. Leider finden sich in der Literatur noch keine Angaben über die Wechselstromwiderstände derartig feiner Drähte, wie wir sie verwenden.

Wir können also die bei diesen Untersuchungen gemachten Erfahrungen dahin aussprechen:

Der Silbermantel hat einen gewissen Einfluß auf die unter den einzelnen Faktoren bestehenden Beziehungen; um ihn zu konstatieren, sind 2 Drahtserien mit gleichem Platinkern, aber verschieden starkem Mantel zu untersuchen.

Die bisher nur für Gleichstrom aufgenommenen Kurven, Widerstand bei verschiedener Stromstärke und die aus ihnen gewonnenen Stromfaktoren $\left(\frac{\Omega}{i}\right)$ sind für schnelle Schwingungen aufzunehmen.

Erst die so gewonnenen Kurven werden es möglich machen, sichere Schlüsse über die zwischen den einzelnen Faktoren bestehenden Beziehungen zu ziehen. Die Arbeiten werden auch in dieser Richtung fortgesetzt werden und werden, da inzwischen durch die empfindlicheren Barretter ein besseres System hergestellt werden konnte, auch für die Barretteruntersuchungen bessere Resultate ergeben.

2. Die Empfindlichkeit der Barretter in Systemen mit verschiedener Erregung.

Wie schon oben erwähnt, sind alle früheren Untersuchungen nur in einem System mit Wienscher Stoßerregung durchgeführt worden. Es war daher von Interesse, die Verhältnisse zu studieren, die sich in anders angeregten Systemen, z. B. in dem, durch die Sendestation Cröllwitz[1]) angeregten Blonsberger System[2]), ergeben.

1) Joh. Kaiser, Dissertation. Halle 1909. (Auszug: Diese Zeitschr. 10, 886, 1909.)

2) G. Heinecke, Dissertation: Über ein doppelt induktiv gekoppeltes System für drahtlose Telegraphie. Halle 1909. (Auszug: Diese Zeitschr. 10, 893, 1909.)

Eine Reihe von Barrettern verschiedener Drahtstärken wurde in Form transportabler Kombinationen eingebaut und ihre Empfindlichkeit im zweifach gekoppelten System der 8 km entfernten Versuchsstation Blonsberg bestimmt.

Die Messungen wurden ausgeführt:

1. Für den direkten Empfang (Barretter induktiv an Antenne gekoppelt).

2. Für den gekoppelten Empfang (Kurze Welle). Zwischen Antenne und Barretterkreis ein Meßkreis eingefügt.

Vorher waren sämtliche Barretterkombinationen hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit in dem System mit Wienscher Stoßerregung geprüft worden. Die Resultate zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1.

Nr.	$W_{\beta\,opt}$ Ω	Empfindlichkeit (Skt.) Wien	dir. Empf.	Gek. Empf.	$\frac{E}{E_W}$	$\frac{E_G}{E_W}$	Drahtstärke
45	60,2	30	97	155	3,23	5,18	0,00525
102	131,4	166	223	331	1,34	1,97	0,0035
43b	170,5	183	170	246	0,93	1,34	0,0043
87	219,5	271	210	281	0,79	1,02	0,00315

Darin bedeuten die Brüche:

$\frac{E_D}{E_W}$ = Empfindl. im direkten Empfang, / Empfindl. im Wienschen System,

$\frac{E_g}{E_W}$ = Empfindl. im gekoppelten Empfang, / Empfindl. im Wienschen System,

d. h. sie geben die relativen Empfindlichkeiten, bezogen auf das Wiensche System, an.

Diese relativen Empfindlichkeiten, aufgetragen als Funktion der Barretterwiderstände, zeigt Fig. 8.

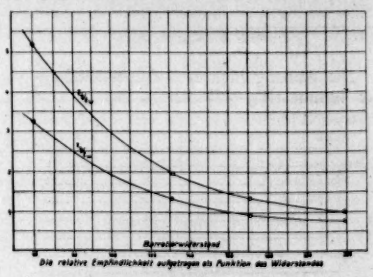


Fig. 8.

Wir erhalten daraus die Beziehung: die relative Empfindlichkeit im zweifach gekoppelten Empfangssystem, bezogen auf die Empfindlichkeit im Wienschen System, nimmt mit wachsendem Barretterwiderstand ab.

Wir wollen diese Erscheinung zu erklären

versuchen, indem wir kurz auf die Vorgänge im Barretter eingehen. Ein erster Impuls rege im Kreis eine Schwingung an, die gemäß dem Dämpfungsfaktor abklingt. Sie wird dem Barretter eine bestimmte Wärmemenge zuführen. Es wird nun eine gewisse Zeit vergehen, bis ein neuer Impuls eine neue Schwingung mit gleichem Effekt auslöst. Während dieser Zeit könnte sich der Barretter durch Wärmeabgabe, sei es durch Strahlung oder durch Leitung, abkühlen. Der gesamte Wärmeeffekt und damit auch die Empfindlichkeit nach einer Reihe von Impulsen wird also von der Größe der Zeitintervalle, in der die Impulse aufeinander folgen, abhängig sein.

Nun steht die Anzahl der Impulse im Zusammenhang mit der Zahl der Funkenübergänge und diese sind bei unseren Systemen sehr verschieden. In dem Wienschen Stoßkreis ist ihre Anzahl so groß, daß nahezu eine kontinuierliche Folge von Schwingungen entsteht, während im Cröllwitzer Sendesystem nur etwa 10 bis 25 Übergänge pro Sek. erfolgen.

3. Wie ist der Barretter in elektrisch schwingenden Systemen als Indikator zu benutzen und wie sind seine Angaben über Amplitude und Dämpfung zu bewerten?

Es handelt sich um die Beantwortung der Fragen:

1. Ist die Dämpfung abhängig von der Wahl des Barretters?
2. Hängt die Dämpfung vom Widerstand des gesamten Barretterkreises ab?
3. Wie ist der Barretterkreis zu gestalten, um die günstigsten Verhältnisse, geringe Dämpfung bei großer Amplitude, zu erhalten?

Einfluß der Koppelung des Barretterkreises an den Meßkreis auf die Dämpfung.

Die Theorie verlangt, daß der Barretterkreis so lose gekoppelt wird, daß keine Rückwirkung auf den anregenden Kreis stattfinden kann. Die Frage: Wann tritt diese Rückwirkung ein und wie verhält sie sich? ist im folgenden für unser System untersucht worden, indem bei sonst gleichen Verhältnissen die Koppelung variiert wurde und aus den dabei aufgenommenen Resonanzkurven die Dämpfung ermittelt wurde.

Aus den Versuchen ergibt sich: Mit fester werdender Koppelung, d. h. mit kleiner werdendem Abstande zwischen L_s und L_ϑ (Fig. 1) bewirkt die gegenseitige Induktion eine Änderung der Induktanzwerte der beiden Kreise, die sich als Vergrößerung der zur Resonanz gehörigen Kapazität im Meßkreis äußert. Gleichzeitig tritt ein Anstieg der Dämpfung ein.

Die Abhängigkeit der Dämpfung und der Rückwirkung vom Koppelungskoeffizienten zeigt Fig. 9. Eine ähnliche Gerade für die Rückwirkung ergibt sich auch nach der γ-Theorie von Seibt[1]).

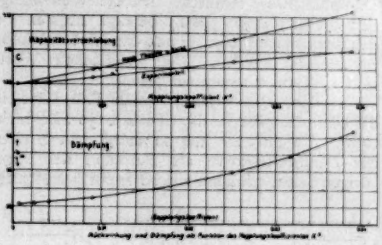


Fig. 9.

Abhängigkeit der Amplitude und Dämpfung vom Widerstande im Kreis.

Für den Zustand des Barretterkreises gibt es 3 Möglichkeiten:

1. der Barretterkreis schwingt aperiodisch,
2. der Barretterkreis ist schwingungsfähig, aber gegen den Meßkreis verstimmt,
3. der Barretterkreis ist schwingungsfähig und mit dem Meßkreis in Resonanz.

Für alle 3 Arten wurde untersucht:

1. Ob die Dämpfung von dem im Kreis liegenden Ohmschen Widerstand abhängt,
2. ob die Dämpfung von dem Widerstand des Barretters abhängt.

Vorausgesetzt wird, daß der Barretterkreis so lose gekoppelt wird, daß die Rückwirkung mehr auf den Meßkreis stattfinden kann.

Es ergeben sich dann die Resultate:

Die Dämpfung ist unabhängig vom Widerstand im Barretterkreis und von der Wahl des Barretters.

Der Einfluß der Verstimmung des Barretterkreises mit Induktanz oder Kapazität auf die Dämpfung.

1. Die Eigenwelle des Barretterkreises wird durch Veränderung der Selbstinduktion variiert.

Ist nun die Messung der Dämpfung des ganzen Systems abhängig vom Grad der Verstimmung des Barretterkreises gegen die übrigen? Um dies zu untersuchen, wurde bei konstanter Koppelung und konstanter Kapazität die Eigenwelle des Barretterkreises gegen die des Meß-

1) Seibt, Resonanzinduktorien. E.T.Z. 14, 276 ff., 1904.

kreises verkürzt, abgestimmt oder verlängert, indem in den Kreis, vorher mit der Dolezalekbrücke gemessene, blanke Kupferspulen eingefügt werden. In jeder Lage wurde eine Resonanzkurve aufgenommen und der zugehörige Dämpfungswert ermittelt. Da die Wellenlänge des Systems etwa 358 m beträgt, müssen bei der Resonanzlage etwa 67 000 cm Selbstinduktion zugeschaltet werden. Die gefundenen Werte sind in Tab. 2 zusammengestellt.

In dem mit * bezeichneten Falle erreicht die Dämpfungskurve die Ordinate 50 Skt. nicht mehr. Tragen wir die so erhaltenen Breiten der Dämpfungskurve als Funktion der zugehörigen Selbstinduktion auf, so ergibt sich Fig. 10.

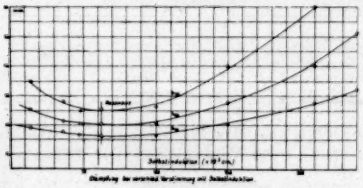


Fig. 10.

Wir erhalten daraus das wichtige Resultat:

Bei Verstimmung mit Induktanz bei konstanter Kapazität erreicht die Dämpfung ein Minimum, wenn der Barretterkreis mit den übrigen Kreisen in Resonanz ist.

Eine Erklärung für diese Erscheinung, die praktisch von weittragender Bedeutung ist, hat sich leider noch nicht finden lassen, da sich die Verhältnisse bei erzwungenen Schwingungen sehr schwer übersehen lassen.

Tabelle 2.

L (cm el. m)	b_{70}	b_{60}	b_{50}
13800	19,3	25,4	34,8
30560	17,7	21,8	28,2
47290	16,4	20,2	25,0
67000	16,4	20,4	25,6
100000	16,6	20,6	26,1
150000	20,1	27,9	40,1
210000	27,6	40,2	60,2
240000	32,2	51,2	—*

2. Die Eigenwelle des Barretterkreises wird durch Kapazität variiert.

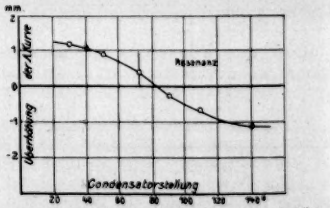
Die Dämpfung schwankt bei den verschiedenen Kapazitätswerten nur innerhalb der Beobachtungsfehler (3 Proz). Wir erhalten also das Resultat:

Die Gesamtdämpfung ist unabhängig von der Kapazität im Barretterkreis.

Dieses Resultat wird auch dadurch bestätigt, daß die Dämpfung sich nicht ändert, wenn wir von dem abgestimmten Kreis zu dem aperiodischen übergehen, indem wir einen sehr großen Kondensator in den Kreis legen.

Die zuletzt besprochene Versuchsreihe ergab noch ein weiteres interessantes Resultat. Bei allen Versuchen mit den verschiedensten Systemen zeigen die aufgenommenen Dämpfungskurven eine einseitige leichte Überhöhung, die man sich anfangs nicht erklären konnte. Man kam schließlich dahin, diese Überhöhung auf Unsymmetrien in den Schaltungen zurückzuführen, was auch zweifellos zum Teil der Fall sein wird. Nun ist aber das von mir benutzte System (Fig. 1) vollkommen symmetrisch gebaut, danach dürfte also die Überhöhung hier nicht auftreten. Tatsächlich findet sie sich aber auch bei meinen Kurven und zwar liegt die Überhöhung teils auf der Seite der kürzeren, teils auf der Seite der längeren Wellen und ist von sehr verschiedener Größe. Ein Maß für die Überhöhung ist die Differenz der Breiten, die von der r_r = Ordinate nach beiden Seiten gemessen werden. Die Überhöhung für die einzelnen Kurven ist in Tabelle 3 zusammengestellt. Darin bedeuten ferner b_k die Breiten der Dämpfungskurve nach der Seite der kürzeren Wellen gemessen, b_l die Breite nach der Seite der längeren Wellen gemessen. Gebildet wird $b_k - b_l$ als Maß für die Überhöhung bei 50 Skt.

Tragen wir die Überhöhungen als Funktion der Kondensatorstellungen auf, so ergibt sich Fig. 11.



Überhöhung der Dämpfungskurve bei verschied. Kondensatorstellung im Barretterkreis.

Fig. 11.

Wir erhalten also das Resultat: Ist die Eigenwelle des Barretterkreises kürzer, als die der übrigen, so ergibt sich eine Überhöhung der mit dem Meßkreis aufgenommenen Dämpfungskurven nach der Seite der kürzeren Wellenlängen, ist sie länger, als die der übrigen, so

ergibt sich eine Überhöhung nach der Seite der längeren Wellen.

Tabelle 3.

Kond. Stellg.	b_k (50)	b_1 (50)	$b_k - b_1$
	mm	mm	mm
30°	9,1	7,9	1,2
40°	9,1	8,0	1,1
50°	9,0	8,1	0,9
72° (Res.)	9,0	8,6	0,4
90°	8,6	8,9	— 0,3
110°	8,3	9,0	— 0,7
140°	8,0	9,1	— 1,1

Die Erscheinung der Überhöhung ist also in diesem Falle dadurch zu erklären, daß die durch die Resonanzerscheinung zwischen Kreis II und dem Meßkreis bedingte Amplitude durch das Resonanzphänomen zwischen Kreis IV und dem Meßkreis beeinflußt wird, indem z. B., wenn die Eigenwelle des Barretterkreises kürzer ist als die des Meßkreises, sich der Meßkreis bei Aufnahme der Resonanzkurve immer mehr von der Resonanzlage mit dem Barretterkreis entfernt und dadurch die Amplitude mehr und mehr herabgedrückt wird, was dann in der Dämpfungskurve die positive Überhöhung ergibt.

Danach müßte aber die Überhöhung im Resonanzfalle zwischen Barretterkreis und Meßkreis gleich null sein, dies ist aber praktisch nur angenähert der Fall, was wahrscheinlich auf Phasenverschiebungen zwischen den Kreisen zurückzuführen ist.

Das Resultat der Dämpfungsmessung wird durch diese Überhöhung nicht beeinflußt.

Vorstehende Zeilen bilden das Resümee zweier Dissertationen: Th. Neuhaus, Über Empfindlichkeit der Barretter und die Zuverlässigkeit der mit ihnen ausgeführten Messungen, Halle 1909; W. Kempe, Studien zum Barretter, Halle 1909. In bezug auf Einzelheiten muß auf diese Arbeiten verwiesen werden.

Halle a S., Januar 1910.

(Eingegangen 26. Februar 1910.)

Das Verhalten des Wehnelt-Unterbrechers bei parallel liegender Kapazität.

Von C. Déguisne und P. Ludewig.

In den Primärkreis eines mit Gleichstrom gespeisten Induktors legt man parallel zu dem rotierenden Unterbrecher gewöhnlich zum Funkenlöschen einen Kondensator, dessen Größe, wie Walter[1]) gezeigt hat, für die Länge des sekundären Funkens ein Optimum besitzt, das bei einem 30-cm-Induktor bei ca. 0,2 Mikrofarad liegt. Mit der Einführung des Wehneltunterbrechers in die Röntgentechnik wurde dieser Kondensator überflüssig. Der Wehneltunterbrecher unterbricht besser ohne Kondensator. Die Erfahrung zeigt, daß bei Parallelschaltung eines Kondensators der Stromabfall langsamer und damit die sekundäre Funkenlänge geringer wird.

Die folgenden Ausführungen sollen die Erscheinungen, die bei der Parallelschaltung eines Kondensators zum Wehneltunterbrecher auftreten, an der Hand oszillographischer Aufnahmen verfolgen.

Als Betriebsspannung für den Wehneltunterbrecher benutzten wir 72 Volt, die unter Zwischenschaltung einer Selbstinduktionsspule ohne Vorschaltwiderstand an den Unterbrecher gelegt wurde (vgl. Fig. 1). Wir wollen im folgenden mit

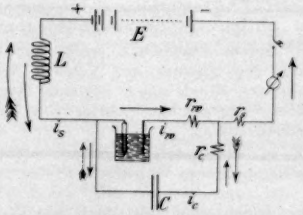


Fig. 1.

i_s den Strom in der Selbstinduktion L,
i_w den Strom im Wehneltunterbrecher,
i_c den Strom in der Kapazität

bezeichnen. Um jeden dieser drei Ströme oszillographisch aufnehmen zu können, liegen in den entsprechenden Stromkreisen die Widerstände r_s, r_w, r_c, die je aus einem kurzen, dicken, gerade ausgespannten Draht von ca. 0,1 Ohm Widerstand bestehen. Die Oszillographenschleifen sind zu ihnen mit geeignetem Vorschaltwiderstand parallel gelegt.

Aus den so erhaltenen Oszillogrammen seien die in den Fig. 2—8 auf Tafel XI reproduzierten als besonders charakteristisch wiedergegeben.

Die Kurven der Fig. 2 und 3 sind bei folgenden Versuchsbedingungen aufgenommen.

Es war:
$E = 72$ Volt,
$L =$ eine Spule mit unterteiltem Eisenkern von ca. 0,3 Henry,
$C = 10$ Mikrofarad.

Die Stiftlänge des Wehneltunterbrechers betrug ca. 3 mm. Die Zahl der Unterbrechungen ca.

1) Walter, Ann. d. Phys. **62**, 300, 1897.

20 pro Sekunde. Fig. 2 zeigt oben den Strom im Unterbrecher i_w, und unten den Strom im Kondensator i_c; Fig. 3 oben wieder i_w, und unten den Strom im Hauptkreis i_s. Es sind jedesmal zwei Kurven zu gleicher Zeit aufgenommen, um die Stromänderungen zu einer bestimmten Zeit vergleichen zu können.

Zunächst fällt in die Augen der vollkommen glatte Stromverlauf im Hauptkreis, während sich in den beiden parallel geschalteten Kreisen ein eigentümlich zackiger Stromverlauf abspielt. Abweichend von den bei gewöhnlichem Wehneltunterbrecherbetrieb erhaltenen Stromkurven zeigt hier die Hauptstromkurve ein Heruntergehen unter die Nullinie, das auch schon Wehnelt[1]) in seiner ersten Veröffentlichung erwähnt.

Analysieren wir den ganzen Vorgang unter Heranziehung aller drei Kurven, so werden wir ihn uns folgendermaßen erklären müssen:

Der Strom im Haupt- und im Unterbrecherkreis steigt langsam nach dem Exponentialgesetz in der Richtung der unbefiederten Pfeile in Fig. 1 an, bis der Stift vollkommen mit Blasen bedeckt ist. In diesem Augenblick erfolgt die Unterbrechung des Stromes im Wehnelt, und die nunmehr am Kondensator liegende Spannung lädt diesen auf: erster Abfall von i_w und erste Zacke von i_c.

Die so aufgeladene Kapazität sucht sich nun in Richtung des befiederten Pfeiles zu entladen, und zwar geschieht dies, wie die Oszillogramme zeigen, zum Teil durch den Wehneltunterbrecher in einem Sinne, der, wie aus der Fig. 1 hervorgeht, und wie auch die Oszillogramme bestätigen, dem bisher durch den Wehneltunterbrecher fließenden Strom gleichgerichtet ist. Während dieses Vorganges haben wir uns im Wehneltunterbrecher zwischen Platinstift und Flüssigkeit ein unregelmäßiges Funkenspiel zu denken, das die vielen Zacken in den entsprechenden Kurven verursacht.

Zu gleicher Zeit hat neben diesem Vorgang in dem Schwingungskreis, der aus der Kapazität C und der Selbstinduktion L besteht, eine langsame Schwingung eingesetzt, deren zeitlicher Verlauf in dem abfallenden Ast des Hauptstromes i_s zum Ausdruck kommt. Vergleicht man nämlich diese Kurve mit der Kurve der Fig. 4, die mit einem Rotaxunterbrecher bei Parallelschaltung einer nur wenig größeren Kapazität erhalten ist, so sieht man, wie der Abfall unseres Hauptstromes dem Schwingungsansatz bei dem Rotaxunterbrecher ähnlich ist. Dementsprechend zeigt das Oszillogramm des Kapazitätsstromes i_c eine Änderung der Stromrichtung und der Hauptstrom ein Heruntergehen unter die Nullinie.

Im Augenblick, wo der Hauptstrom durch Null hindurchgeht, ist die Kapazität voll geladen und hat also die Spannung der Batterie. Bei ihrer Entladung, die im Sinne des befiederten Pfeiles erfolgt und im Oszillogramm des Hauptstromes dem ersten negativen Kurvenstück bis zu dem scharfen Knick entspricht, kommt auch durch den Wehneltunterbrecher ein im Sinne des unbefiederten Pfeiles laufender Stromstoß zustande (letzte positive Zacke von i_w), bis das störende Funkenspiel aufhört und wieder dauernder Kontakt im Wehneltunterbrecher eintritt. Dieser Augenblick ist durch den scharfen Knick in der Kurve i_s deutlich zu erkennen. Die Kapazität, die jetzt plötzlich kurzgeschlossen ist, entlädt sich vollends in einem kurzen Stromstoß, der in der i_c-Kurve durch eine scharfe Spitze nach oben markiert ist, und im Wehneltunterbrecher tritt die Stromrichtung des Hauptstromes ein, der erst noch negativ ist und dann allmählich zu positiven Werten ansteigt. Damit ist der Ausgangszustand wieder erreicht und der Vorgang wiederholt sich.

Das im Wehneltunterbrecher während des Stromabfalles auftretende Funkenspiel wird wahrscheinlich aus allerdings sehr unregelmäßig verlaufenden Schwingungen zwischen der Kapazität und der sehr kleinen Selbstinduktion der Zuleitungsdrähte des Wehneltunterbrechers bestehen. Ein derartiger Schwingungsvorgang tritt besonders deutlich hervor, wenn man nach Schaltung Fig. 9 in den Wehneltkreis noch eine

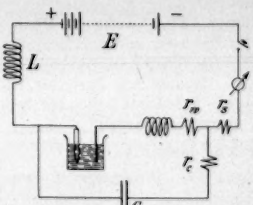


Fig. 9.

Selbstinduktion schaltet und so die Schwingungen in dem fraglichen Kreise langsamer und ausgeprägter macht. Ein derartiges Oszillogramm zeigt Fig. 5. In ihm ist oben der Strom im Wehneltunterbrecher, unten der Gesamtstrom aufgezeichnet. Wie sich zeigt, treten ab und zu — nicht regelmäßig — vor Unterbrechung des Hauptstromes in dem aus Kapazität und der Zusatz-Selbstinduktion bestehenden Kreis durch den Wehneltunterbrecher hindurch sehr

1) Wehnelt, Wied. Ann. **68**, 233, 1899.

prägnante Schwingungen auf, die auch auf den Hauptkreis zurückwirken, da wahrscheinlich während der Schwingungen an der Unterbrechungsstelle ein im Takt der Schwingungen variierender Widerstand vorhanden ist.

Aus dem Gesagten ergibt sich, was von verschiedenen Seiten schon gefunden, daß die Parallelschaltung einer Kapazität zum Wehneltunterbrecher einerseits eine Verlangsamung der Unterbrechung, andererseits ein Heruntergehen des Hauptstroms unter Null zur Folge hat. Denken wir beispielsweise an die Anwendung dieser Schaltung beim Röntgenbetrieb, so würde zwar die erstgenannte Wirkung eine Verringerung der Schlagweite des Induktors, also bei kleineren Apparaten die Beschränkung auf mittlere und weiche Röhren bedingen; der zweite Umstand jedoch, die Fortsetzung des Stromabfalls unter Null, brächte eine nicht unwesentliche Verlängerung der Stromdauer in der Röntgenröhre mit sich, die in unserem Falle ca. 30 Proz. erreicht und sich bei richtiger Dimensionierung der parallel geschalteten Kapazität sicherlich noch steigern läßt.

Die bisher besprochenen Kurven sind bei extremen Verhältnissen — große Selbstinduktion und große Kapazität — aufgenommen. Wie unsere weiteren Versuche zeigen, ändern sich die auftretenden Kurven bei Verkleinerung der erwähnten Faktoren in der Weise, daß die kurzen, unregelmäßigen, durch den Wehneltunterbrecher gehenden Schwingungen mehr und mehr ausbleiben, während gleichzeitig die Schwingung im Hauptkreis mehr zum Ausdruck kommt.

Eine den früheren korrespondierende Versuchsreihe veranschaulichen die Kurven 6 und 7. Die bei ihrer Aufnahme benutzten Versuchsbedingungen sind:

$E = 72$ Volt,
$L =$ ca. 0,04 Henry,
$C = 1{,}2$ Mf.

Die Stiftlänge betrug wieder 3 mm, die Zahl der Unterbrechungen ca. 200 pro Sekunde. In beiden Oszillogrammen ist oben der Hauptstrom aufgenommen, während auf Fig. 6 unten der Kapazitätsstrom, und in Fig. 7 unten der Wehneltunterbrecherstrom aufgeschrieben ist.

Wie sofort auffällt, zeigen die Kurven ein wesentlich anderes Aussehen. Der Wehneltunterbrecherstrom weicht kaum von dem unter den gewöhnlichen Bedingungen erhaltenen ab. Nur bei genauem Studium sieht man beim Stromabfall eine kleine Verdickung, die ein Rest des früheren Funkenspiels ist. Analog tritt in dem — etwa im zehnfachen Maßstab aufgezeichneten — Kapazitätsstrom eine Unregelmäßigkeit auf. Dagegen ist die Schwingung im Hauptkreise besonders stark geworden. Der Strom im Hauptkreise setzt nicht wie in Fig. 3 kurz nach dem Heruntergehen unter die Nullinie ein, sondern läßt erst einen guten Teil der Schwingung ablaufen. Besonders deutlich tritt diese Schwingung in der Fig. 8 an den mit * markierten Stellen hervor, während an den andern Stellen die Unterbrechung ähnlich wie in Fig. 7 verläuft. Für den Röntgenbetrieb wirkte in diesem Falle die Parallelschaltung der Kapazität nur ungünstig, da sie beim Induktorstrom den Anstieg beschleunigt und dadurch zum Auftreten von Schließungsstrom Anlaß gibt.

März 1910.

Frankfurt a. M., Elektrotechnisches Institut des Physikalischen Vereins.

(Eingegangen 10. März 1910.)

Planimetrische Methode zur Ausrechnung der Bewegungsgleichung gedämpfter Instrumente und zur experimentellen Bestimmung des reduzierten Gewichtes und der Dämpfungskraft der bewegenden Teile derselben.

Von Aurel v. Büky.

Wie wir wissen, ist die Eigenbewegung einer Masse vom reduzierten Gewichte G unter den Wirkungen der Richtkraft C und der Dämpfungskraft R durch folgende lineare Differentialgleichung gegeben:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{g}{G} R \frac{dx}{dt} + \frac{g}{G} C x = 0. \qquad (1)$$

Solche Bewegungen werden von einer auf eine Spiralfeder aufgehängten Masse ausgeführt, wenn dieselbe gedämpft wird.

Als solche können wir auch die Eigenbewegungen der Erdbebenpendel annehmen, weil die Amplituden hier so klein sind, daß man die Bewegungslinie des Pendelgewichtes ganz gut als eine Gerade betrachten kann.

Die Erdbebenforscher brauchen bei der Ausrechnung und Analyse der Erdbebendiagramme öfters die reduzierte Masse G und die Dämpfungskraft R.

Wenn die Dämpfung gering ist und das Instrument leichtgedämpfte Schwingungen ausführt, sind G und R ziemlich einfach mit der Bestimmung des logarithmischen Dekrementes festzusetzen.

Diese Methode wird aber sogleich unbrauchbar, wenn das Pendel aperiodisch oder zu stark gedämpft ist, so daß es nach einigen Amplituden zur Ruhe kommt. Im ersten Falle ist die Methode ganz unbrauchbar, im zweiten führt sie wieder zu sehr ungenauen Resultaten.

Aber wenn wir vorläufig die Erdbebenpendel

betrachten, so ist, wie B. Galitzin in mehreren Abhandlungen gezeigt hat, sehr zweckmäßig, dieselben mit starker Dämpfung zu versehen, so daß das Pendel schon keine Schwingungen ausführt und die Dämpfung dazu gerade nur ausreicht, mit einem Worte: das Pendel soll auf die Grenze der Aperiodizität eingestellt werden.

Dazu hat er unter Verwendung seiner elektromagnetischen Registrierungsart eine sehr schöne Methode ausgearbeitet, aus welcher man die Grenze der Aperiodizität durch einige zwar ein wenig umständliche, aber genügend scharfe Resultate ergebende Rechnungen finden kann.

Man kann aber diese Methode bei der mechanischen oder photographischen Registrierung nicht brauchen, so daß ich glaube, keine überflüssige Arbeit zu tun, wenn ich meine planimetrische Methode publiziere.

Diese kann man bei jeder Registrierung brauchen, es soll nur die Registrierungsgeschwindigkeit bekannt sein, was z. B. bei den Erdbebenpendeln ja auch der Fall ist.

Diese Methode gibt auch gute Dienste bei anderen Apparaten, der Verfasser hat z. B. dieselbe zu der mathematischen Untersuchung der Dineswindregistrierapparate ausgearbeitet.

Man braucht nur die sogen. Dämpfungskurve aufzunehmen (siehe die Figuren).

Wir können die Dämpfungskurven auch bei nicht registrierenden Instrumenten ohne größere Vorbereitungen aufnehmen, man klebt nur einen kleinen Spiegel auf den bewegenden Teil und fängt den reflektierten Lichtstrahl auf einer photographischen Platte auf, während diese vor dem Lichtstrahle, auf dessen Bewegungen vertikal, gleichmäßig vorbeizieht. Nach einigen Übungen werden wir diese Operationen ganz gut gleichmäßig ausführen können. (Auch die beigelegten Dämpfungskurven sind nach dieser Methode aufgenommen.)

Kehren wir nach dieser Abweichung auf Gleichung (1) zurück.

Die allgemeine Lösung derselben ist:

$$x = A e^{-\alpha t} + B e^{-\beta t}.$$

Die Zeitkonstanten α und β gibt die Hilfszeichnung:

$$\begin{matrix}\alpha \\ \beta\end{matrix} \Big| = \frac{g}{2} \frac{R}{G} \pm \sqrt{\left(\frac{g}{2} \frac{R}{G}\right)^2 - \frac{C g}{G}}. \qquad (2a)$$

Wenn die Diskriminante negativ ist, so ist die Bewegung eine periodische, wenn positiv, so ist sie eine aperiodische, und das Instrument liegt bei verschwindender Diskriminante eben an der Grenze der Aperiodizität.

I. Befassen wir uns zuerst mit der aperiodischen Bewegung, weil eben diese am unmittelbarsten aus unserer Methode herauskommt.

Der Diskriminant ist also positiv:

$$\left(\frac{g}{2} \frac{R}{G}\right)^2 > \frac{C g}{G}.$$

Hier sind also α und β reale Werte, die Kurve:

$$x = A e^{-\alpha t} + B e^{-\beta t} \qquad (2)$$

ist tatsächlich eine exponentielle.

Unsere nächste Aufgabe ist die Bestimmung der Konstanten dieser Formel.

Wir nehmen dazu die Dämpfungskurve (Fig. 1) auf, so daß wir den Apparat mit der

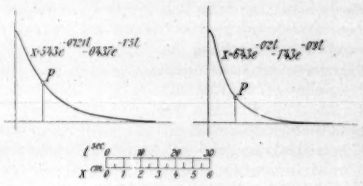


Fig. 1.

Größe x_1 auslenken und dann sich selbst überlassen.

Diese Kurve nähert sich nach der Theorie zu der Abszissenachse asymptotisch, und, wie die Praxis zeigt, genügend schnell.

Diese Bemerkung halte ich für besonders wichtig, weil meine Methode eben auf diese experimentelle Erfahrung begründet ist.

Wie ich gleich beweisen werde, kann die Gleichung (2) aus der Dämpfungskurve genügend leicht aufgestellt werden,

Für den Anfangspunkt sind:

$$\begin{cases} t = 0 \\ x = x_1 \quad \text{(siehe Fig. 1).} \\ \dfrac{dx}{dt} = 0. \end{cases}$$

Formel (2) nach t differentiiert:

$$\frac{dx}{dt} = -\alpha A e^{-\alpha t} - \beta B e^{-\beta t}. \qquad (3)$$

Die Gleichungen (2) und (3) geben also für Punkt $t = 0$:

$$\begin{cases} x = x_1 = A + B \\ \dfrac{dx}{dt} = 0 = -\alpha A - \beta B \end{cases}$$

und aus diesen wird:

$$\begin{cases} A = -x_1 \dfrac{\beta}{\alpha - \beta} \\ B = \quad x_1 \dfrac{\alpha}{\alpha - \beta} \end{cases}$$

und Gleichung (2) endlich:

$$x = x_1 \frac{\alpha}{\alpha - \beta} e^{-\beta t} - x_1 \frac{\beta}{\alpha - \beta} e^{-\alpha t}. \qquad (2b)$$

Diese Gleichung, wenn wir t und x als bekannt annehmen (an Fig. 1 der Punkt P), ist ungenügend für die Bestimmung von α und β, eine ähnliche Gleichung für einen anderen Punkt P_1 hilft auch nicht, weil diese zwei transzendenten Gleichungen mit zwei Unbekannten unlösbar sind.

Wir können aber das Verhältnis von α und β mit der Bestimmung und Einführung des Flächeninhaltes der Dämpfungskurve bestimmen.

Nach der Theorie, wie schon gesagt, nähert sich die Kurve der Abszissenachse nur asymptotisch, in der Wirklichkeit schließt sich aber die Dämpfungskurve sehr schnell.

Der Flächeninhalt ist:

$$F = \int_0^\infty x\, dt,$$

x substituiert:

$$F = x_1 \frac{\alpha}{\alpha - \beta} \int_0^\infty e^{-\beta t}\, dt - x_1 \frac{\beta}{\alpha - \beta} \int_0^\infty e^{-\alpha t}\, dt,$$

die Integration ausgeführt und geordnet wird endlich:

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{F}{x_1} \tag{4}$$

und daraus:

$$\beta = \frac{x_1 \alpha}{F_1 \alpha - x_1}.$$

Wenn wir dies in (2a) substituieren und die Abkürzungen:

$$\left| \begin{array}{l} x_1 \dfrac{F\alpha - x_1}{F\alpha - 2x_1} = m \\ \dfrac{x_1^2}{F\alpha - 2x_1} = n \\ \dfrac{x_1}{F\alpha - x_1} = p \end{array} \right.$$

einführen, so bekommen wir:

$$x = m\, e^{-p\alpha t} - n\, e^{-\alpha t}. \tag{5}$$

Wenn wir jetzt die Ordinaten t, x für Punkt P in diese Gleichung einführen, dann ist in dieser nur α unbekannt.

Direkt kann man aber α nicht ausrechnen, nur durch Probieren nach der Regula falsi.

Damit wir aber weniger zu probieren haben, wird es vorteilhaft sein, zu bestimmen, was für eine Änderung im Werte α die Änderung von x verursacht. Wir hätten dann ein Mittel für das Weiterrechnen nach der ersten tastenden Annahme.

Wenn nämlich Formel (5) mit dem gewählten Werte von α x' statt des wahren Wertes x gibt und wir setzen

$$x - x' = \Delta x,$$

so erhalten wir durch die Gleichung

$$\Delta\alpha = f(\Delta x)$$

für α eine ziemlich sichere Korrektion.

Dieses Verfahren müssen wir so lange wiederholen, bis wir eine genügende Annäherung finden, bis praktisch

$$\Delta x = 0$$

wird.

Zur Aufstellung der Formel $\Delta\alpha = f(\Delta x)$ brauchen wir nur Gleichung (5) nach α zu differentiieren

$$\frac{dx}{d\alpha} = \frac{d}{d\alpha}\left(x_1 \frac{F\alpha - x_1}{F\alpha - 2x_1} e^{-\frac{x_1 \alpha t}{F\alpha - x_1}}\right) + x_1 \frac{F\alpha - x_1}{F\alpha - 2x_1} \frac{d}{d\alpha}\left(e^{-\frac{x_1 \alpha t}{F\alpha - x_1}}\right) - \frac{d}{d\alpha}\left(\frac{x_1^2}{F\alpha - 2x_1}\right) e^{-\alpha t} - \frac{x_1^2}{F\alpha - 2x_1} \frac{d}{d\alpha}(e^{-\alpha t}).$$

Nach einigen Vereinfachungen wird

$$\frac{dx}{d\alpha} = r(e^{-\alpha t} - e^{-p\alpha t}) + s(e^{-\alpha t} + p\, e^{-p\alpha t}), \tag{6}$$

wo

$$\left| \begin{array}{l} r = \dfrac{F x_1^2}{(F\alpha - 2x_1)^2} \\ s = \dfrac{x_1^2 t}{F\alpha - 2x_1} \end{array} \right.$$

Und wenn noch

$$r(e^{-\alpha t} - e^{-p\alpha t}) + s(e^{-\alpha t} + p\, e^{-p\alpha t}) = v,$$

wird endlich

$$d\alpha = \frac{dx}{v}. \tag{6a}$$

Wenn schon aus Gleichungen (5) und (6a) α bekannt ist, so wird

$$\beta = p\alpha. \tag{7}$$

Wir haben so unser Ziel erreicht, die Konstanten

$$\left\{ \begin{array}{l} A, B \\ \alpha, \beta \end{array} \right.$$

in Formel (2) sind schon bekannt.

Wir begnügen uns aber, wie schon der Titel dieser Abhandlung anzeigt, damit nicht, wir suchen nun die Konstanten

$$\left\{ \begin{array}{l} G \ldots . \text{ reduziertes Gewicht} \\ R \ldots . \text{ Dämpfungskraft} \end{array} \right.$$

in Gleichung (1).

Die Zeitkonstanten α, β sind bekannt.

Aus (2a) bekommen wir

$$\left| \begin{array}{l} \alpha = \dfrac{gR}{2G} + \sqrt{\left(\dfrac{gR}{2G}\right)^2 - \dfrac{Cg}{G}} \\ \beta = \dfrac{gR}{2G} - \sqrt{\left(\dfrac{gR}{2G}\right)^2 - \dfrac{Cg}{G}} \end{array} \right.$$

Durch Addition beider wird

$$\alpha + \beta = \frac{gR}{G}. \tag{8}$$

Hier sind R und G unbekannt. Zu deren Bestimmung brauchen wir noch eine Gleichung.

Diese bekommen wir wie folgt:

Wir belasten einfach den beweglichen Teil des Apparates mit einem Gewichte G_2, so daß jetzt die Bewegungsgleichung wird

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{g}{G+G_2} R \frac{dx}{dt} + \frac{g}{G+G_2} C_2 x = 0.$$

Die Lösung derselben ist

$$x = A e^{-\alpha t} + B e^{-\beta t},$$

wozu

$$\left.\begin{matrix}\beta_2 \\ \alpha_2\end{matrix}\right| = \frac{g R}{2(G+G_2)} \pm \sqrt{\left[\frac{g R}{2(G+G_2)}\right]^2 - \frac{C_2 g}{G+G_2}}.$$

$\alpha_2 \beta_2$ werden aus der zur Belastung G_2 gehörenden Dämpfungskurve ebenso bestimmt wie α, β.

Man kann also für diesen Fall (8a) aufschreiben

$$\alpha_2 + \beta_2 = \frac{g R}{G+G_2}. \qquad (8a)$$

(8) mit (8a) dividiert

$$\frac{\alpha+\beta}{\alpha_2+\beta_2} = \frac{G+G_2}{G},$$

und endlich

$$G = \frac{G_2}{\dfrac{\alpha+\beta}{\alpha_2+\beta_2} - 1} \qquad (9)$$

und wenn schon G bekannt ist:

$$R = (\alpha+\beta)\frac{G}{g}. \qquad (9a)$$

II. Wenn der Apparat starkgedämpfte Schwingungen ausführt (Fig. 2), so sind die

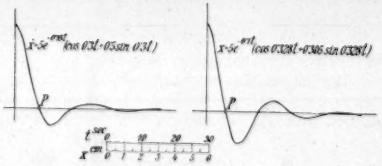


Fig. 2.

früheren Formeln auch jetzt gültig, aber da die Diskriminante negativ ist, so sind die Zeitkonstanten α, β konjugiert komplexe Werte

$$\left\{\begin{matrix}\alpha = a + bi \\ \beta = a - bi\end{matrix}\right.$$

Dies in Gleichung (2a) eingesetzt

$$x = x_1 e^{-at}\left(\cos bt + \frac{a}{b}\sin bt\right). \qquad (10)$$

Die Fläche F wird

$$F = \int_0^\infty x\,dt = x_1 \int_0^\infty e^{-at}\cos bt\,dt + x_1 \frac{a}{b}\int_0^\infty e^{-at}\sin bt\,dt.$$

$$F = \frac{2 a x_1}{a^2+b^2}. \qquad (11)$$

(Bei der Bestimmung der Fläche muß man darauf achten, daß die Flächen unter der Abszissenachse negativ sind!)

(Wir hätten Gleichung (11) auch aus Formel (4) bekommen durch einfache Einsetzung der komplexen Formeln der α und β.)

Aus (11) wird also

$$\left.\begin{matrix} b = \sqrt{\dfrac{2 a x_1 - F a^2}{F}} \\ \dfrac{a}{b} = \sqrt{\dfrac{a^2 F}{2 a x_1 - a^2 F}}. \end{matrix}\right| \qquad (10a)$$

Gleichung (10) kann man mit Hilfe von (10a) wieder nach der Regula falsi lösen.

Wenn wir (10) nach a differentiieren, bekommen wir den Zusammenhang zwischen Δx und Δa:

$$\frac{dx}{da} = x_1 e^{-at}(m\cos bt + n\sin bt),$$

wo

$$\left\{\begin{matrix} m = t\left(\dfrac{a}{b}\,\dfrac{x_1 - aF}{bF} - 1\right) \\ n = \dfrac{1}{b}\left(1 - \dfrac{a}{b}\,\dfrac{x_1 - aF}{bF}\right) - t\left(\dfrac{a}{b} + \dfrac{x_1 - aF}{bF}\right). \end{matrix}\right. \qquad (11b)$$

und wenn

$$x_1 e^{-at}(m\cos bt + n\sin bt) = v, \qquad (11a)$$

dann wird

$$da = \frac{dx}{v}. \qquad (11)$$

Wenn man also jetzt ein periodisches Dämpfungskurvenpaar hat (die erste Kurve ohne, die zweite mit Belastung), so geschieht die Ausrechnung von G und R ganz nach den Formeln (9) und (9a), nur die Substitutionen

$$\left\{\begin{matrix}\alpha = a + bi \\ \beta = a - bi\end{matrix}\right.$$

sind auszuführen, worauf wir zu den Gleichungen

$$\left.\begin{matrix} G = \dfrac{G_2}{\dfrac{a}{a_2} - 1} \\ R = 2a\dfrac{G}{g} \end{matrix}\right| \qquad (9b)$$

gelangen.

Auch der spezielle Fall, daß aus den Kurven die eine aperiodisch, die andere aber periodisch ist (Fig. 3), wird ganz leicht lösbar. Es wird einfach

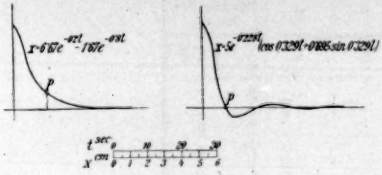


Fig. 3.

$$\left|\begin{array}{l} G = \dfrac{G_2}{\dfrac{\alpha+\beta}{2\,a_2} - 1} \\ R = (\alpha+\beta)\dfrac{G}{g}. \end{array}\right| \qquad (9c)$$

III. Wir müssen noch mit einigen Worten auch die Grenze der Aperiodizität erwähnen.

Es ist klar, daß in diesem Falle, da die Diskriminante verschwindet,

$$\alpha = \beta.$$

Wenn wir also bei einer aperiodischen Kurve sehen, daß die Werte α und β nahezu gleich sind, so ist sicher anzunehmen, daß der Apparat die Grenze der Aperiodizität schon überschritten hat, jedoch nur in geringem Maße.

Wenn wir ein Instrument (z. B. Erdbebenindikator) ganz genau auf die Grenze der Aperiodizität einstellen wollen, so müssen wir wie folgt verfahren:

Erst wird die Dämpfung so eingestellt, daß die Dämpfungskurve periodisch sei.

Jetzt wird die Dämpfung sukzessive vergrößert, so lange, bis wir eine aperiodische Kurve bekommen.

Es ist aber noch immer die Frage, ob diese Kurve wirklich zur Grenze der Aperiodizität gehört, es kann sehr leicht vorkommen, daß wir dieselbe schon überschritten oder daß wir sie noch nicht erreicht haben.

(Solche feine Einstellungen lassen sich aus der Form der Kurven nicht so einfach erhalten.)

Die Gleichung der Kurve an der Grenze der Aperiodizität wird

$$x = (A + Bt)\,e^{-\alpha t}.$$

Zur Bestimmung der Konstanten haben wir

$$\frac{dx}{dt} = B\,e^{-\alpha t} - (A + Bt)\,\alpha\,e^{-\alpha t}$$

und im Punkte $t = 0$

$$\left|\begin{array}{l} x = x_1 = A \\ \dfrac{dx}{dt} = 0 = B - A\,\alpha \end{array}\right.$$

und so

$$\left|\begin{array}{l} A = x_1 \\ B = x_1\,\alpha, \end{array}\right.$$

so daß

$$x = x_1\,(1 + \alpha)\,e^{-\alpha t}. \qquad (12)$$

Der Flächeninhalt der Kurve wird

$$F = \int_0^\infty x\,dt = x_1 \int_0^\infty e^{-\alpha t}\,dt + x_1 \int_0^\infty \alpha\,e^{-\alpha t}\,dt$$

und nach der Integration

$$F = \frac{2\,x_1}{\alpha}.$$

(Wir hätten dasselbe Resultat auch aus (4) bekommen nach Substitution von $\beta = \alpha$.)

Wie wir sehen, kann man hier durch das Planimetrieren der Dämpfungskurve sogleich die Gleichung (12) lösen

$$\alpha = \frac{2\,x_1}{F}. \qquad (13)$$

Die Gleichungen (12) und (13) geben schon die Lösung der Frage:

Aus dem Flächeninhalt der Kurven rechnen wir nach Formel (13) α aus und probieren, ob unsere Kurve der Gleichung (12) mit der Zeitkonstante aus (13) entspricht.

Auf einen Zeitpunkt t rechnen wir nach (12) x' aus.

Wenn jetzt

$\left|\begin{array}{l} x' < x, \text{ dann haben wir die Grenze der Aperiodizität noch nicht erreicht,} \\ x' > x, \text{ dann haben wir sie schon überschritten.} \end{array}\right.$

Im ersten Falle müssen wir die Dämpfung noch vergrößern, im zweiten Falle schon vermindern.

Es kann vorkommen, daß aus den Dämpfungskurvenpaaren zur Bestimmung von G und R die eine aperiodisch ist, die andere an der Grenze der Aperiodizität steht. Dann gehen die Formeln (9) und (9a) in

$$\left|\begin{array}{l} G = \dfrac{G_2}{\dfrac{\alpha+\beta}{2\,a_2} - 1} \\ R = (\alpha+\beta)\dfrac{G}{g} \end{array}\right| \qquad (9d)$$

über.

Bei periodischen und an der Grenze der Aperiodizität stehenden Kurven ist die Lösung

$$\left|\begin{array}{l} G = \dfrac{G_2}{\dfrac{\alpha}{a} - 1} \\ R = 2\,\alpha\dfrac{G}{g}. \end{array}\right| \qquad (9e)$$

Rechnen wir für alle diese Fälle ein Beispiel aus.

Weil ein Erdbebenpendel mit veränderlicher Dämpfung mir nicht zur Verfügung stand, improvisierte ich ein kleines Pendel mit Öldämpfung. Die Dämpfungskurven habe ich auf

Tabelle 1.

Nummer der Kurve	Belastung	Aus den Kurven sind bekannt				Wir rechnen aus		Wir nehmen an	Die Werte zur Lösung der Formeln (5) und (6)									Formeln (5) und (6a) geben		
	G_2 g	x_1 cm	F cm, sec	x cm	t sec	$2x_1$	x_1^2	α sec^{-1}	αt	αF	$\alpha F - x_1$	$\alpha F - 2x_1$	m	n	p	r	s	v	x'	Δx	$\Delta\alpha$
1.	0	5,0	44,7	2,06 $\alpha = 1{,}5$ sec^{-1} $\beta = 0{,}121$	8,0	10,0	25,0	1,2 1,6 1,5	9,6 12,8 12,0	53,7 71,6 67,0	48,7 66,6 62,0	43,7 61,6 57,0	5,57 5,40 5,43	0,514 0,406 0,437	0,1026 0,075 0,0807	0,585	4,58	−0,043	2,08 2,056 2,06	−0,02 0,004 —	0,4 −0,1 —
2.	200	5,0	30,5	1,32 $\alpha = 0{,}9$ $\beta = 0{,}2$	8,0	10,0	25,0	1,0 0,9	8,0 7,2	30,5 27,4	25,5 22,4	20,5 17,4	6,22 6,43	1,22 1,43	0,196 0,223	1,818	9,75	0,017	1,328 1,32	−0,002 —	−0,1 —
5.	0	5,0	31,2	0,9 $\alpha = 0{,}8$ $\beta = 0{,}2$	10,0	10,0	25,0	0,6 0,8	6,0 8,0	18,7 25,0	13,7 20,0	8,7 15,0	7,89 6,67	2,88 1,67	0,365 0,25	10,3	28,8	0,12	0,882 0,9	0,018 —	0,15 —

$$m = x_1 \frac{\alpha F - x_1}{\alpha F - 2x_1}; \quad n = \frac{x_1^2}{\alpha F - 2x_1}; \quad p = \frac{x_1}{\alpha F - x_1}; \quad r = \frac{F x_1^2}{(\alpha F - 2x_1)^2}; \quad s = \frac{x_1^2 t}{\alpha F - 2x_1}$$

$$v = r(e^{-\alpha t} - e^{-p\alpha t}) + s(e^{-\alpha t} + p e^{-p\alpha t})$$

$$x' = m e^{-p\alpha t} - n e^{-\alpha t}$$

$$\Delta x = x - x'$$

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta x}{v}$$

$$\beta = p\alpha.$$

Tabelle 2.

Nummer der Kurve	Belastung	Aus den Kurven sind bekannt				Wir nehmen an	Die Werte zur Lösung der Formeln (10) und 11)										Formeln (10) und (11) geben		
	G_2 g	x_1 cm	F cm, sec	x cm	t sec	a sec^{-1}	$a x_1$	$2 a x_1$	$a F$	$a^2 F$	b	$\frac{a}{b}$	$b F$	m	n	v	x'	Δx	Δa
3.	0	5	13,3 $a = 0{,}15$ $b = 0{,}30$	0	6,8	0,12 0,15	0,60 0,75	1,2 1,5	1,6 1,995	0,192 0,299	0,274 0,3	0,438 0,5	3,65 3,99	− 3,95	− 4,19	− 8,6	0,305 0	− 0,305 —	0,03 —
4.	200	5	8,48	0 $a = 0{,}1$ $b = 0{,}328$	5,66	0,12 0,1	0,60 0,5	1,2 1,0	1,018 0,848	0,1222 0,085	0,347 0,328	0,346 0,305	2,94 2,79	− 2,95	− 8,118	− 6,35	− 0,162 0	0,162 —	− 0,02 —
6.	500	5	14,24 $a = 0{,}228$ $b = 0{,}329$	0	6,62	0,2 0,228	1,0 1,14	2,0 2,28	2,848 3,25	0,57 0,742	0,3165 0,329	0,632 0,695	4,51 4,69	− 4,62	− 5,13	− 2,83	0,0625 0	− 0,0625 —	0,028 —

$$b = \sqrt{\frac{2 a x_1 - a^2 F}{F}}; \quad m = t\left(\frac{a}{b}\,\frac{x_1 - a F}{b F} - 1\right); \quad n = \frac{1}{b}\left(1 - \frac{a}{b}\,\frac{x_1 - a F}{F}\right) - t\left(\frac{a}{b} + \frac{x_1 - a F}{b F}\right)$$

$$v = x_1 e^{-at}(m \cos b t + n \sin b t)$$

$$x' = x_1 e^{-at}\left(\cos b t + \frac{a}{b} \sin b t\right)$$

$$\Delta x = x - x'$$

$$\Delta a = \frac{\Delta x}{v}.$$

photographischem Wege, wie schon besprochen, aufgenommen.

Fig. 1 zeigt zwei zusammengehörende aperiodische Kurven. Kurve 1 ist ohne Belastung, Kurve 2 mit $G_2 = 200$ g Belastung aufgenommen.

In Fig. 2 sind zwei periodische Kurven gezeichnet, Kurve 3 ohne, Kurve 4 mit 200 g Belastung.

In Fig. 3 wurde die aperiodische Kurve 5 ohne, die periodische Kurve 6 mit $G_2 = 500$ g Belastung registriert.

Zur Bestimmung der Kurvengleichungen haben wir die Flächeninhalte (mit Planimeter bestimmt) und die Koordinaten der Punkte F benutzt. (Bei periodischen Kurven werden die Flächen unter der Abszissenachse als negativ angenommen!)

Tabelle 1 gibt die Ausrechnung der aperiodischen Kurven und die nötigen Formeln dazu in leicht übersichtlicher Ordnung.

In Tabelle 2 sind wieder die periodischen Kurven ausgerechnet.

Die so bestimmten Gleichungen sind neben den Kurven gleich eingeschrieben.

Was endlich die Rechnung von G und R anbetrifft (alles in C.G.S.-Einheiten):

a) Aus den Kurven von Fig. 1 nach Formel (9)

$$\left\{\begin{array}{l} G = \dfrac{200}{\dfrac{1{,}5 + 0{,}121}{0{,}9 + 0{,}2} - 1} = 420 \text{ g} \\ R = (1{,}5 + 0{,}121)\,\dfrac{420}{981} = 0{,}696 \text{ g pro 1 cm Geschwindigkeit.} \end{array}\right.$$

b) Aus den Kurven von Fig. 2 nach Formel (9b)

$$\left\{\begin{array}{l} G = \dfrac{200}{\dfrac{0{,}15}{0{,}10} - 1} = 400 \text{ g} \\ R = 2 \cdot 0{,}15 \cdot \dfrac{400}{981} = 0{,}122 \text{ g pro 1 cm Geschwindigkeit.} \end{array}\right.$$

c) Aus den Kurven von Fig. 3 nach Formel (9c)

$$\left\{\begin{array}{l} G = \dfrac{500}{\dfrac{0{,}8 + 0{,}2}{2 \cdot 0{,}228} - 1} = 420 \text{ g} \\ R = (0{,}8 + 0{,}2)\,\dfrac{420}{981} = 0{,}428 \text{ g pro 1 cm Geschwindigkeit.} \end{array}\right.$$

(Eingegangen 25. Februar 1910.)

Die wirbellose Strömung von Flüssigkeiten in Kanälen.

Von Boris Weinberg.

In meiner Theorie der Gletscherbewegung[1]) habe ich das Fließen des Eises in der Gletschersohle dem wirbellosen Fließen einer zähen Flüssigkeit verglichen. Als Grundsatz für die dann fehlende Theorie stellte ich folgendes Theorem auf[2]):

„Wenn die Geschwindigkeiten aller Punkte einer schweren, inkompressibeln, zähen, nicht gleitenden Flüssigkeit, welche unter der Wirkung der Schwerkraft längs eines Kanals mit geradlinigen und unter dem Winkel α zum Horizont geneigten Erzeugenden und mit gleichem Profil der ganzen Länge nach fließt, kleiner sind als die kritische, so sind diese Geschwindigkeiten gleich den Geschwindigkeiten entsprechender Punkte derselben Flüssigkeit, die unter der Wirkung der Schwerkraft längs eines Rohres mit geradlinigen und unter demselben Winkel geneigten Erzeugenden und mit einer Querschnittskontur fließt, welche der ganzen Länge nach gleich ist und durch das Zulegen des Spiegelbildes des Profils unseres Kanals über dem Niveau der freien Flüssigkeitsoberfläche zu diesem Profil erhalten wird."

Dieser Versuch gibt die Möglichkeit der Lösung des Kanalproblems auf der Lösung des Rohrproblems, welches für eine Anzahl Querschnitte gelöst ist, zurückzuführen, nämlich für alle Kanalprofile, welche man durch Zerschneidung der entsprechenden Rohrquerschnitte mit einer der Symmetrieachsen erhält.

Da die wirbellose Strömung der Flüssigkeiten in Kanälen auch experimentell nicht untersucht worden war, stellte ich im Laufe der letzten Monate einen entsprechenden Versuch an.

Dieser Versuch bestand aus einer fortgesetzten Beobachtung des Fließens des Pechs in regelmäßigen geneigten Kanälen — richtiger Rinnen (Breite ca. 10 cm) — unter Wirkung der Schwerkraft. Eine von diesen Rinnen hatte einen Querschnitt von ⌊-Form (ein Quadrat halbiert durch eine Gerade, welche parallel der Seite ist), eine andere einen Querschnitt von V-Form (ein Quadrat halbiert durch eine Diagonale). Die Ausmessung der photographischen Aufnahmen der schwarzen Pechoberfläche mit weißen Linien, welche vorher senkrecht zum Rande aufgetragen waren, gab im Mittel folgende Resultate[3]).

1) Zeitschr. f. Gletscherkunde **1**, 1906; ausführlicher in Russisch im Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. **38**, 1907.

2) l. c., S. 333.

3) Ausführlicher in meinem russischen Aufsatze „Zur Frage über die wirbellose Strömung von Flüssigkeiten in Kanälen" im Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. **42**, 1910.

Tabelle 1.

d = Abstand vom Rande.
$2D$ = Breite der Rinne.
$b_{\text{beob.}}$, $b'_{\text{theor.}}$ = beobachtete, bzw. theoretische Verschiebung, ausgedrückt in Teilen der mittleren Verschiebung in der ⊔-Rinne.

$d/2D$	⊔-Rinne			V-Rinne		
	$b_{\text{beob.}}$	$b'_{\text{theor.}}$	$b - b'$	$b_{\text{beob.}}$	$b'_{\text{theor.}}$	$b - b'$
0,05	0,290	0,295	−0,005	0,037	0,045	−0,008
0,10	0,543	0,547	−0,004	0,112	0,121	−0,009
0,15	0,762	0,759	+0,003	0,206	0,213	−0,007
0,20	0,937	0,936	+0,001	0,310	0,313	−0,003
0,25	1,083	1,080	+0,003	0,409	0,410	−0,001
0,30	1,198	1,194	+0,004	0,496	0,496	+0,000
0,35	1,282	1,280	+0,002	0,573	0,567	+0,006
0,40	1,341	1,340	+0,001	0,627	0,621	+0,006
0,45	1,373	1,376	−0,003	0,663	0,654	+0,009
0,50	1,383	1,387	−0,004	0,673	0,665	+0,008

Die Abweichungen der beobachteten Verschiebungen für die ⊔-Rinne liegen vollständig in den Grenzen der Beobachtungsfehler, für die V-Rinne sind aber diese Abweichungen etwas größer als für die ⊔-Rinne und haben einen etwa regelmäßigen Gang. Dieser Umstand kann leicht einer kleinen Senkung des Pechs, welche in den zentralen Teilen der V-Rinne vorhanden war, zugeschrieben werden, so daß im ganzen dieser Versuch als eine hinreichende Bestätigung des oben zitierten Grundsatzes über die wirbellose Strömung einer Flüssigkeit in Kanälen betrachtet werden kann.

(Eingegangen 7. März 1910.)

Zur Abhandlung von Herrn Hillers über die Berechnung der Loschmidtschen Zahl aus den gastheoretischen Daten des Argons[1].

Von Max Reinganum.

Herr W. Hillers macht in dieser Zeitschrift darauf aufmerksam, daß Herrn H. Sirk[2]) bei der Angabe der Loschmidtschen Zahl aus dem Strahlungsgesetz ein Zahlenfehler untergelaufen ist, und daß auch ich in einer Abhandlung[3]) (molekulare Dimensionen auf Grund der kinetischen Gastheorie) diesen von Herrn Sirk angegebenen Zahlenwert zitiert habe. Ich möchte nun mitteilen, daß Herr Sirk mich schon vor längerer Zeit, und zwar genau im Sinne der Bemerkung von Herrn Hillers, von seinem Fehler in Kenntnis gesetzt hat, denselben somit gewußt hat. Eine Richtigstellung von meiner Seite in den Annalen unterblieb jedoch damals, da meine Anwendung jenes Zahlenwertes nur eine untergeordnete war und ferner Herr Karl Rappenecker auf meine Veranlassung gerade die Frage der Reibungskoeffizienten im Zusammenhang behandelte. Die Dissertation von Herrn Rappenecker[1]) wird demnächst in der Zeitschrift für physikalische Chemie erscheinen, und ich möchte nicht unterlassen, diejenigen, die sich mit den mit der Loschmidtschen Zahl zusammenhängenden Fragen beschäftigen, darauf hinzuweisen.

An dieser Stelle gebe ich, der Anregung von Herrn Hillers folgend, die in meiner Abhandlung anzubringende Zahlenverbesserung. Auf S. 148 muß der letzte Satz des mittleren Abschnitts mit den richtigen Zahlen lauten: „Bezeichnen wir den in (1) rechtsseitig anzubringenden noch unbekannten Korrektionsfaktor mit k_1, den in (2) linksseitig anzubringenden mit k_2, so können wir, wenn wir den Wert 11,3 (früher 6,2) aus der Strahlung für Reihe 4 als den richtigen ansehen, aus dem Vergleich mit unserem Mittelwert 35,5 nur sagen, daß $k_1^3 \cdot k_2^2$ etwa 1,6 (früher 2,9) betragen wird". Diese Richtigstellung kommt also darauf hinaus, daß das Produkt $k_1^3 \cdot k^2_2$ der unbekannten Korrektionsfaktoren kleiner ist, als es nach der Zahlenangabe von Herrn Sirk zu erwarten war.

Ferner möchte ich an dieser Stelle eine kurze Inhaltsangabe der Arbeit von Herrn Rappenecker geben, an Hand derer wir die nach Hillers sich für Helium und Argon ergebenden Resultate besprechen wollen.

Herr Rappenecker untersucht in seiner Dissertation die innere Reibung folgender Dämpfe: Äther, Chloroform, Äthylalkohol, Isopentan, Azeton, Methylazetat, Äthylazetat und Benzol, und zwar bei 100° und 212,5° C, und erhält so, zum erstenmal für Dämpfe, ziemlich zuverlässige Temperaturkoeffizienten. Seine Resultate verwendet er nun nicht so, daß, wie bei Herrn Sirk das (nur berechnete) kritische Volumen herangezogen wird, sondern statt dessen sucht er für das viel besser bekannte Molekularvolumen beim normalen Siedepunkt (Koppsche Volumen) eine Beziehung zum Reibungskoeffizienten. Unter Vervollständigung einer älteren Formel von Lothar Meyer lautet seine Formel

$$V_s = 1{,}16 \cdot 10^{-7} \, [MT]^{1/4} \left(\frac{1}{\eta \cdot e^{\frac{c'}{T}}} \right)^{1/3}.$$

Hierin ist V_s das Koppsche Molekularvolumen, M das Molekulargewicht, T die absolute Temperatur und c' eine den Dampf charakterisierende

1) Diese Zeitschr. **11**, 133, 1910.
2) Ann. d. Phys. **25**, 904, 1908.
3) Ann. d. Phys. **28**, 142, 1909.

1) Über die Reibungskoeffizienten von Dämpfen und ihre Abhängigkeit von der Temperatur. Dissertation Freiburg i. B. Caritas-Druckerei, 1909.

Konstante. Und zwar gibt $e^{\frac{c'}{T}}$ die Korrektur an, die infolge der molekularen Anziehungskräfte an der sich nur auf elastische Kugeln beziehende ältere Reibungsformel anzubringen ist. Die Formel gibt für Substanzen von Stickstoff bis Benzol überraschend gut (auf einige Prozent) das Molekularvolumen beim normalen Siedepunkt wieder. Der allgemeine Faktor $1{,}16 \cdot 10^{-7}$ enthält implizite die Loschmidtsche Zahl, die daher jetzt für alle Gase und Dämpfe sich gleich ergibt. Die Auswertung des Zahlenfaktors gibt für die Loschmidtsche Zahl vollständige Übereinstimmung mit Planck sowie Rutherford und Geiger, wie die folgenden Zahlen zeigen, welche die Zahl der Moleküle im Grammolekül angeben.

Nach Planck: $6{,}16 \cdot 10^{23}$.
Nach Rutherford und Geiger: $6{,}2 \cdot 10^{23}$.
Nach Rappenecker: $6{,}2 \cdot 10^{23}$.

Das von Herrn Hillers zitierte günstige Resultat nun, das Herr Ghose bei Helium nach der älteren Theorie findet, rührt daher, daß hier die Molekularkräfte (und damit c') so klein sind, daß $e^{\frac{c'}{T}}$ für gewöhnliche Temperaturen gleich 1 gesetzt werden kann. Das günstige Resultat bei Argon nach der älteren Theorie, in der Sirkschen Form, rührt dagegen daher, daß die Weglassung des Produkts der oben genannten Korrektionsfaktoren sich hier zufällig gegen die Vernachlässigung des $e^{\frac{c'}{T}}$-Einflusses aufhebt. Bei Argon steigt die innere Reibung mit wachsender Temperatur viel rascher als proportional $\sqrt{T}$, von einer Theorie rein elastischer sonst kräfteloser Kugeln ist daher schon aus diesem Grund bei diesem einatomigen Gas keinesfalls die Rede.

Das günstige Resultat, daß Herr Hillers für die Loschmidtsche Zahl nur für Argon und Helium findet, ergibt sich somit bei uns für alle Gase.

Freiburg i. Br., 20. Februar 1910.

(Eingegangen 23. Februar 1910.)

Die Messung hoher Spannungen mit einem Instrument für niedere Spannungen. (The measurement of high voltages with a low voltage instrument.)

Von S. J. Barnett.

In der Nummer dieser Zeitschrift vom 1. Januar d. J. (S. 14) hat Herr M. Dieckmann eine Kondensatormethode zur Messung hoher Spannungen mit einem Instrument für niedere Spannungen beschrieben, sowie deren Umkehrung zur Messung von Kapazitäten. Dieselben Methoden habe ich in Physical Review, Juniheft 1898, und in Electrical World and Engineer, S. 839, 1899, beschrieben. Die letztgenannte Veröffentlichung wurde in französischer Sprache in den Annales Télégraphiques, Jahrgang 1900, abgedruckt. Die Methoden sind auch in meinem Werke „Elements of Electromagnetic Theory" (Newyork und London, 1903) auf S. 135 und 137 beschrieben. Das Prinzip der Methoden ist im wesentlichen dasselbe wie das der viel früher von Lord Kelvin zur Eichung seiner elektrostatischen Spannungsmesser benutzten Methode (British Associat. Report, S. 907, 1885).

The Tulane University of Louisiana, 5. Februar 1910.

(Nach dem Manuskript aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 24. Februar 1910.)

Leitungsstrom und aufsteigende Luftströmungen.

Von D. Smirnow.

Im letzten Heft dieser Zeitschrift vom vergangenen Jahre erörtert K. Wegener[1]) die bekannten Vorstellungen vom Mechanismus der sogen. aufsteigenden Ströme und sagt dabei, indem er besonders den Umstand betont, daß in diesem Prozeß die aufsteigenden Ströme von absteigenden begleitet sind: „dieser Luftaustausch kann luftelektrisch nur den Erfolg haben, daß er einen Unterschied zwischen der Ladung der auf- und absteigenden Luft und der Erde allmählich ausgleicht." Der Verfasser berücksichtigt aber, wie es scheint, gar nicht den Einfluß dieses Prozesses auf den normalen vertikalen elektrischen Leitungsstrom, von dessen Rolle in meinem Aufsatz[2]) die Rede war. Das Wichtigste der Frage liegt jedoch darin, auf welche Art sich dieser Einfluß über der oberen Grenze des Gebietes, wo die Luftmischung stattfindet, oder kurz, über den aufsteigenden Luftströmungen offenbaren wird? Ich denke, daß an dieser Grenze der Leitungsstrom gestört sein muß und infolgedessen ein Überschuß der positiven Ionen entsteht. Diese Folge ist zweifellos, da unterhalb der genannten Grenze die Luft gewöhnlich an Feuchtigkeit und Staub reicher ist als oben. Die relative

1) Diese Zeitschr. **10**, 1030, 1909.
2) Diese Zeitschr. **10**, 445, 1909.

Feuchtigkeit wird gleichfalls größer, wenn nicht in der ganzen Masse der vermischten Luft, so doch gewiß an der Berührungsgrenze der feuchten und warmen Luft mit der kalten, von diesem Prozeß noch nicht gestörten Luft. Die weitere Phase — die Wolkenbildung — beweist diese Erscheinung.

Die Grenze der aufsteigenden Luftströmungen muß also gewisse Hindernisse der Wanderung der positiven Ionen von oben entgegenstellen. Infolgedessen wird eine Ansammlung der positiven Ladungen über dem aufsteigenden Luftstrom stattfinden; mit der Zeit steigt diese Ladungsschicht immer höher, gleichzeitig mit der Ausdehnung der aufsteigenden Strömungen in die Höhe. Dieses von Herrn Wegener verneinte Resultat wurde in meinem obengenannten Aufsatz mit Hilfe des einfachen Aufhebens der positiv geladenen Glasplatte demonstriert (siehe S. 447, Modell des Erdfeldes).

Dasselbe kann man sagen von der von Herrn Daunderer beobachteten Erscheinung: die zeitliche Ansammlung der positiven Ionen in der niedrigsten Luftschicht, im Fall des Wiedererscheinens der Sonne, erklärt sich dadurch, daß die erwärmte Luftschicht am Boden sich von den höher liegenden durch den Staubinhalt sehr scharf unterscheidet[1]).

Die Zweifel des Herrn Wegener wären, wie es mir scheint, begründet, wenn die elektrischen Luftladungen aus solchen unveränderlichen Teilchen beständen wie z. B. Staub. Im letzteren Falle würden in der Tat elektrische Ladungen durch die aufsteigenden Ströme nur einfach vermischt werden[2]).

Man muß aber die elektrischen Ladungen, die in der Luft infolge der Störung des Leitungsstromes entstehen, sich anders vorstellen. Sie sind das Resultat des labilen Gleichgewichtszustandes an jedem Punkte zwischen dem Ab- und Zufluß der positiven und negativen Ionen. Solche Ladungen regenerieren sich sozusagen unaufhörlich und können sich nur unter besonderen Bedingungen in irgendeiner Luftschicht stationär erhalten. Bei der geringsten Veränderung der Luftleitungsfähigkeit irgendwo oben oder unten müssen sie sich hierhin oder dorthin verschieben.

Abgesehen von der Ursache der konstanten negativen Erdladung, muß man sich das elektrische Erdfeld und seine Änderungen in folgender Weise vorstellen: die positive Ladung der unteren Luftschichten erscheint als Resultat der Wirkung des Leitungsstromes im ionisierten Medium, wo die Luftdichte allmählich mit der Annäherung an die Erde wächst und die Ionenbeweglichkeit daher allmählich abnimmt. Die Verteilung der positiven Ladungen in der Atmosphäre wäre jedoch regelmäßig und das Erdfeld würde sich mit der Zeit wenig verändern, wenn die Leitungsfähigkeit der Atmosphäre in einigen Schichten nicht periodisch und dabei in bedeutendem Grade gestört würde, besonders am Erdboden und in den Schichten, wo zu dieser Zeit die Wirkungsfähigkeit des aufsteigenden Luftstromes am größten ist[1]). Diese Leitungsänderungen habe ich denn auch als die Ursache der periodischen Erdfeldschwankungen hingestellt.

St. Petersburg, Physikalisches Zentral-Observatorium.

1) Es ist jedoch sehr die Frage, ob nicht an der Grenze zweier, sogar staub- und feuchtigkeitsfreien, aber verschieden temperierten Luftschichten eine Ansammlung von Ionen bei Existenz eines Leitungsstromes stattfindet.

2) Daher müßte man die Einwürfe des Verfassers eher auf die annähernden Berechnungen anwenden, die von manchen Verfassern in bezug auf die Größe des vertikalen elektrischen Konvektionsstromes — des Gegners des Leitungsstromes — gemacht wurden.

1) Vor allem also in den Schichten, wo die Kondensation des Dampfes stattfindet.

(Eingegangen 18. Februar 1910.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Die Hypothese der Lichtquanten.

Von H. A. Lorentz.

In der Theorie der Wärmestrahlung liegt folgendes Problem vor. Ein ponderabler Körper von der absoluten Temperatur T sei von Äther umgeben und befinde sich in einem Raume, der von vollkommen reflektierenden Wänden eingeschlossen ist; gefragt wird nach der Energie, die im Gleichgewichtszustande in der Volumeinheit des Äthers vorhanden ist, sofern diese Energie von Strahlen herrührt, deren Schwingungszahl zwischen ν und $\nu + d\nu$ liegt. Stellt man diese „Energiedichte“ durch

$$f(\nu T)\, d\nu$$

dar, so ist nach der von Planck[1]) entwickelten Theorie, der einzigen, die mit den Beobachtungen übereinstimmende Resultate liefert,

$$f(\nu, T) = \frac{8\pi h \cdot \nu^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}, \qquad (1)$$

1) M. Planck, Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung, Leipzig 1906.

worin c die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Äther bedeutet, und k und h zwei von der Beschaffenheit des Körpers unabhängige Konstanten sind. Die Bedeutung der ersten ist die, daß $\frac{3}{2}kT$ die mittlere Bewegungsenergie eines Gasmolekels bei der Temperatur T darstellt. Was die zweite Konstante h betrifft, so hängt sie zusammen mit einer besonderen Annahme, welche Planck der Ableitung seiner Formel zugrunde legt.

Er stellt sich nämlich vor, daß der Austausch von Energie zwischen der ponderablen Materie einerseits und dem Äther andererseits zustande kommt durch die Vermittelung von gewissen Teilchen, in welchen schwingende Bewegungen stattfinden können und die er „Resonatoren" nennt. Einem solchen Resonator schreibt er die Eigenschaft zu, die Energie nicht in unendlich kleinen Mengen aufnehmen oder abgeben zu können, sondern nur in abgemessenen endlichen Mengen, deren Betrag der Schwingungszahl des Resonators proportional ist. Planck bezeichnet mit $h\nu$ das „Energieelement", das zu einer bestimmten Schwingungszahl gehört. Durch Vergleich seiner Formel mit den Beobachtungen fand er (in C.G.S.-Einheiten)

$$h = 6{,}5 \cdot 10^{-27},$$

so daß das Energieelement oder die „Energieeinheit" für jeden Resonator angegeben werden kann.

Von der Art und Weise, wie Planck mit Hilfe der obigen Annahme seine Strahlungsformel ableitet, kann folgende Betrachtung eine Vorstellung geben. Angenommen, wir haben zweierlei Dinge, „Elemente", wie wir sie nennen wollen, welche Energie miteinander austauschen können, und zwar n_1 Elemente von der ersten und n_2 Elemente von der zweiten Sorte. Jedes Element möge die Eigenschaft haben, Energie nur in endlichen Mengen aufnehmen oder abgeben zu können, und dieses Energieelement habe für jedes Element der ersten Art den Wert ε_1, für jedes Element der zweiten Art den Wert ε_2. Wenn die Elemente der ersten Art zusammen p_1 Energieelemente haben, die der zweiten Art zusammen p_2 Energieelemente, so ist die gesamte Energie des Systems

$$E = p_1\varepsilon_1 + p_2\varepsilon_2. \qquad (2)$$

Ist die Größe dieses Betrages gegeben, so können p_1 und p_2 noch verschiedene Werte haben, d. h. es sind verschiedene Energieverteilungen zwischen den beiden Arten von Elementen denkbar. Planck nimmt nun an, daß in Wirklichkeit die Verteilung zustande kommt, die man als „die wahrscheinlichste" betrachten kann. Dabei präzisiert er den Begriff „Wahrscheinlichkeit" auf folgende Weise.

Wenn die Elemente der ersten Art p_1 Energieeinheiten haben, können diese noch auf

$$\frac{(n_1+p_1-1)!}{(n_1-1)!\,p_1!}$$

verschiedene Weisen über die n_1 Elemente verteilt sein. Ebenso kann man angeben, auf wieviel verschiedene Arten die p_2 Energieeinheiten über die n_2 Elemente der zweiten Sorte verteilt sein können, und man findet

$$\frac{(n_1+p_1-1)!}{(n_1-1)!\,p_1!}\cdot\frac{(n_2+p_2-1)!}{(n_2-1)!\,p_2!} \qquad (3)$$

als Zahl der Arten, auf welche bei gegebenen Werten von p_1 und p_2 die Energie über die betreffenden Elemente verteilt sein kann. Auf Grund von Betrachtungen, die hier unterbleiben müssen, nahm Planck dieses Produkt als Maß für die Wahrscheinlichkeit der durch die Zahlen p_1 und p_2 bestimmten Energieverteilung an. Will man die wahrscheinlichste, d. h. also die in Wirklichkeit vorkommende Energie kennen lernen, dann hat man nur mit Beachtung von (2) p_1 und p_2 so zu bestimmen, daß (3) ein Maximum wird.

Unter der Voraussetzung, daß n_1 n_2 p_1 p_2 große Zahlen sind, findet man als Bedingung hierfür:

$$\frac{1}{\varepsilon_1}\log\left(\frac{n_1}{p_1}+1\right) = \frac{1}{\varepsilon_2}\log\left(\frac{n_2}{p_2}+1\right).$$

Man kann dies leicht ausdehnen auf den Fall von mehr als zwei Sorten von Elementen. Wenn eine der Gruppen aus n Elementen besteht mit dem Werte ε für die Energieeinheit, und die n Elemente zusammen im Gleichgewichtszustande p Energieeinheiten haben, dann wird der Ausdruck

$$\frac{1}{\varepsilon}\log\left(\frac{n}{p}+1\right)$$

für alle Gruppen denselben Wert C haben. Daraus findet man für die mittlere Energie von einem der Elemente der betrachteten Art

$$\frac{\varepsilon}{e^{C\varepsilon}-1}.$$

Wendet man dies vorerst auf Molekeln eines ponderablen Körpers an, für welche man ε unendlich klein setzen muß, da ihre Energie kontinuierlich ab- und zunehmen kann, und deren mittlere Energie man kennt als: $\frac{3}{2}kT$, hierauf auf Resonatoren, für welche $\varepsilon = h\nu$ ist, so findet man einen Ausdruck für die mittlere Energie eines Resonators. Um daraus die Strahlungsformel (1) abzuleiten, braucht man weiter nichts, als den Zusammenhang zwischen

den Schwingungen eines Resonators und dem Strahlungszustand des Äthers zu berücksichtigen.

Es mag kurz darauf hingewiesen werden, daß man die Eigenschaft, Energie nur in einzelnen, abgegrenzten Mengen $h\nu$ aufzunehmen, auch dem Äther selbst zuschreiben kann, anstatt den Resonatoren, was in gewisser Hinsicht den Vorzug verdient. In dem oben angenommenen, durch vollkommen reflektierende Wände begrenzten und von Äther erfüllten Raume können stehende elektromagnetische Wellen bestehen, einigermaßen vergleichbar mit den stehenden Wellen in einer Orgelpfeife; sie sind auch nicht viel schwieriger theoretisch zu behandeln als diese, wenn man dem zu betrachtenden Raume die Form eines rechteckigen Parallelepipedons gibt. Bei jedem möglichen System von stehenden Wellen hat man eine bestimmte Bewegungsart; sie entspricht einem Freiheitsgrade der eingeschlossenen Äthermasse. Nimmt man an, daß die Dimensionen des Parallelepipedons sehr groß sind im Vergleich mit der Wellenlänge der zu betrachtenden Wärme- und Lichtstrahlen, dann ist die Zahl der zu berücksichtigenden Freiheitsgrade, die alle ihre eigene Schwingungszahl ν haben, sehr groß und man kann leicht angeben, wieviel Freiheitsgrade es gibt, für welche die Schwingungszahl zwischen ν und $\nu + d\nu$ liegt. Bei der Annahme, daß der Äther in bezug auf alle seine Freiheitsgrade Energie mit der Materie nur in abgegrenzten Quantitäten $h\nu$ austauschen kann, kommt man durch ähnliche Berechnungen, wie Planck sie für die Resonatoren anwendete, geradewegs zu der Formel (1).

Die befriedigenden Ergebnisse, die Planck mit Hilfe seiner Annahme in der Strahlungstheorie erhielt, veranlaßten verschiedene Forscher zu der Vorstellung, daß ganz allgemein das Entstehen von Licht und seine Verwandlung in andere Energieformen immer durch abgegrenzte „Lichtquanta" von der durch Planck angegebenen Größe stattfinde und daß diese Lichtquanta eine selbständige Existenz hätten. Einstein[1]) spricht die Meinung aus, „daß die mit kontinuierlichen Raumfunktionen operierende Theorie des Lichtes zu Widersprüchen mit der Erfahrung führt, wenn man sie auf die Erscheinungen der Lichterzeugung und Lichtverwandlung anwendet". „Es scheint mir nun in der Tat", so fährt er fort, „daß die Beobachtungen über die ‚schwarze Strahlung', Photolumineszenz, die Erzeugung von Kathodenstrahlen durch ultraviolettes Licht und andere die Erzeugung bez. Verwandlung des Lichtes betreffende Erscheinungsgruppen besser verständlich erscheinen unter der Annahme, daß die Energie des Lichtes diskontinuierlich im Raume verteilt sei. Nach der hier ins Auge zu fassenden Annahme ist bei Ausbreitung eines von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahles die Energie nicht kontinuierlich auf größer und größer werdende Räume verteilt, sondern es besteht dieselbe aus einer endlichen Zahl von in Raumpunkten lokalisierten Energiequanten, welche sich bewegen, ohne sich zu teilen, und nur als ganze absorbiert und erzeugt werden können".

Wie diese Hypothese zur Erklärung von einigen Erscheinungen dienen kann, mag durch ein paar Beispiele gezeigt werden.

Nach dem bekannten Gesetze von Stokes hat das durch einen fluoreszierenden Stoff ausgestrahlte Licht, wenn auch nicht immer, so doch in den allermeisten Fällen eine größere Wellenlänge als die Strahlen, durch welche die Fluoreszenz hervorgerufen wurde. Die Erklärung ist einfach, wenn man annimmt, daß die Lichtquanta im einfallenden Lichte so weit zerstreut sind, daß niemals zwei Quanta bei dem Erregen des Fluoreszenzlichtes zusammen wirken; daraus geht unmittelbar hervor, daß das Lichtquantum nicht für alle Lichtsorten gleich groß, sondern proportional mit der Schwingungszahl ν ist. Es liegt auf der Hand, daß ein Molekül der fluoreszierenden Substanz nicht mehr Energie ausstrahlen kann als es empfängt, wie verwickelt auch die Umformungen sein mögen, welche die einfallenden Schwingungen erleiden. Da es nun stets bloß über ein Quantum verfügt und nach der gemachten Annahme nicht weniger als ein Quantum ausstrahlen kann, so kann, wenn ν_1 die Schwingungszahl des einfallenden und ν_2 die des ausgestrahlten Lichtes ist, $h\nu_2$ nicht größer sein als $h\nu_1$, und folglich auch ν_2 nicht größer als ν_1. Die einzelnen Fälle, wo dies doch vorkommt, können so aufgefaßt werden, daß hier zwei oder mehrere einfallende Lichtquanta bei dem Hervorbringen eines ausgestrahlten Quantums zusammenwirken.

Eine quantitative Bestätigung seiner Theorie fand Einstein in den lichtelektrischen Wirkungen und in der Ionisierung von Gasen durch die äußersten ultravioletten Strahlen. Was die erste Erscheinung angeht, auf die ich mich hier beschränken will, so hat Lenard gefunden, daß unter dem Einfluß von ultravioletten Lichte aus Platten von geeignet gewähltem Metalle negative Ionen entweichen mit einer Geschwindigkeit, die er aus seinen Versuchen bestimmen konnte. Sie beträgt z. B. für Aluminium $8 \cdot 10^7$ cm/sec. Mit Hilfe der bekannten Masse eines Elektrons findet man hieraus für die kinetische Energie, womit es das Metall verläßt, $2{,}8 \cdot 10^{-12}$ erg. Da nun das Lichtquantum, wenn

1) A. Einstein, Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt, Ann. d. Physik 17, 132, 1905.

man die Wellenlänge der auftreffenden Strahlen zu $3 \cdot 10^{-5}$ cm rechnet, $6{,}5 \cdot 10^{-12}$ erg beträgt, so ergibt sich, daß in der Tat ein Lichtquantum genügend Energie mitführt, um ein Elektron zum Entweichen zu bringen. Ein Zusammenwirken von mehr als einem Quantum ist dazu nicht nötig, und man sieht leicht ein, daß, wenn dies nicht der Fall ist und die Umstände derart sind, daß z. B. die Hälfte der einfallenden Energie zur lichtelektrischen Wirkung verwendet wird, daß dann das rote Licht solches nicht zuwege bringen könnte, da die Quanta, woraus es besteht, zu klein sind. Im allgemeinen wird es durch die beträchtliche Größe der Lichtquanta der violetten und ultravioletten Strahlen begreiflich, daß diese manchmal Wirkungen hervorbringen, die man bei Strahlen von größerer Wellenlänge nicht wahrnimmt.

Im Zusammenhang mit Einsteins Hypothese sind auch die Versuche von Stark[1]) über den Dopplereffekt bei Kanalstrahlen sehr beachtenswert. Bekanntlich handelt es sich dabei um folgendes: Wenn sich die schnell fliegenden, lichtgebenden Teilchen (von Wasserstoff zum Beispiel), aus welchen diese Strahlen bestehen, auf das Spektroskop zu bewegen, so zeigen sie im Spektrum nicht mehr die scharfe Linie a, welche man bei ruhenden Teilchen wahrnimmt (und die man auch hier noch sieht, weil in der Geißlerschen Röhre auch ruhende Teilchen vorhanden sind), sondern das Licht ist von a ein wenig nach der violetten Seite hin verschoben. Mit gutem Grunde nimmt man an, daß in einem Bündel Kanalstrahlen alle Geschwindigkeiten vorkommen von o bis zu einem gewissen größten Werte; daraus folgt, daß, wenn alle sich bewegenden Teilchen Licht ausstrahlten, im Spektrum ein bei a beginnendes, sich nach rechts bis zu einer gewissen Breite ausdehnendes Band wahrnehmbar sein müßte. In Wirklichkeit ist jedoch unmittelbar neben a ein dunkler Raum, und das Licht beginnt erst in einem Punkte b in einiger Entfernung von a; das will sagen, daß die Teilchen, deren Geschwindigkeit kleiner ist als die Geschwindigkeit v, die der Verschiebung ab entspricht, kein Licht ausstrahlen. Stark erklärt dies durch die Annahme, daß die Kanalstrahlenteilchen erst zu leuchten beginnen, wenn bei einem Zusammenstoß mit einem Molekel ihre Vorwärtsbewegung zum Teil in Schwingungen verwandelt wird. Zur Bequemlichkeit werde angenommen, daß stets der $n$te Teil der Energie der fortschreitenden Bewegung durch einen Zusammenstoß für die Entstehung von Licht frei wird. Dann wird trotzdem keine Ausstrahlung zustande kommen, so lange die Geschwindigkeit nicht so groß ist, daß die entsprechende kinetische Energie n Lichtquanta beträgt, da keine Wirkung auftritt, wenn weniger als ein volles Quantum zur Verfügung steht.

Es wird auf diese Weise verständlich, daß die Teilchen erst dann Licht erzeugen, wenn ihre Geschwindigkeit eine bestimmte Grenze, nämlich die, welche wir oben v genannt haben, erreicht hat. Geht man nun von dem entsprechenden Punkte b im Spektrum noch weiter nach rechts, so daß man zu Strahlen kommt, die von Teilchen mit größerer Geschwindigkeit als v herrühren, dann verändert sich die Lichtstärke, die z. B. mit dem Wert i begann, eine Zeitlang allmählich in der einen oder anderen Richtung; das hängt von allerlei Umständen ab. Etwas Besonderes darf man in einem Punkte c erwarten, der so liegt, daß $ac = ab\sqrt{2}$ ist. In diesem Punkte kommt das Licht von Teilchen mit der Geschwindigkeit $v\sqrt{2}$, rechts davon von Teilchen mit einer noch größeren Geschwindigkeit. Diese letzten haben eine kinetische Energie mehr als zweimal so groß, als nach dem soeben Gesagten für das Zustandekommen von einem Lichtquantum nötig ist; stoßen sie gegen ein Molekül, so können jedesmal zwei Quanta hervorgebracht werden. Man darf erwarten, daß, wenn man von links nach rechts fortschreitet, bei dem Punkte c ein plötzliches Anwachsen der Lichtstärke eintritt, gerade so, wie in b ein Sprung von o bis i stattfand.

Stark hat diese Erwartung, zu der ihn Einsteins Auffassung geführt hatte, wirklich bestätigt gefunden.

Dies alles ist ohne Zweifel sehr auffallend, aber trotzdem will mich dünken, daß bei näherer Betrachtung ernste Bedenken gegen die Hypothese der Lichtquanten aufsteigen. Man muß es vielleicht schon als eine Schwierigkeit betrachten, daß die Lichtquanta sich durchaus nicht als besonders klein erweisen, wenn man sie mit den Lichtmengen vergleicht, die durch unser Auge wahrgenommen werden können. Aus Messungen von v. Kries[1]) kann man folgern, daß grüne Strahlen, die nur kurze Zeit auf das Auge treffen, einen Lichteindruck hervorrufen können, wenn die Netzhaut im ganzen von 30 bis 60 Lichtquanten getroffen wird, während bei andauernder Bestrahlung die Lichtempfindung ungefähr 140 Quanta per Sekunde erfordert. Man kann die Frage aufwerfen, ob eine verhältnismäßig so kleine Anzahl von Einheiten genügen kann, um die Erscheinungen auf der Netzhaut, die doch

1) J. Stark, Neue Beobachtungen an Kanalstrahlen in Beziehung zur Lichtquantenhypothese, diese Zeitschr. **9**, 767, 1908.

1) J. v. Kries, Über die zur Erregung des Sehorgans erforderlichen Energiemengen, Zeitschr. f. Sinnesphysiologie **41**, 373, 1906.

ohne Zweifel von sehr verwickelter Art sind, hervorzubringen.

Indessen kann man darüber schwer urteilen. Mehr Gewicht darf man einigen andern Überlegungen beimessen, die zu dem Schlusse führen, daß die Lichtquanta bei ihrer Fortbewegung sicher nicht auf kleine Räume konzentriert bleiben.

Daß sie sich vorerst in der Fortpflanzungsrichtung über eine sehr beträchtliche Strecke ausbreiten müssen, folgt aus der Tatsache, daß man mit „homogenem" Licht noch bei einer Phasenverschiedenheit von zwei Millionen Schwingungszeiten Interferenzerscheinungen wahrgenommen hat. Man kann daraus schließen, daß in den betreffenden Strahlen mindestens zwei Millionen Wellen (und vielleicht nicht weniger als etwa drei Millionen) regelmäßig aufeinander folgen, eine Schlußfolgerung, die, worauf es vor allem ankommt, für jedes Lichtquantum gesondert gelten muß. Man muß sich diese doch wohl als Ganze unabhängig voneinander vorstellen, so daß es nicht den mindesten Grund hat, warum die Schwingungen von zwei Quanta sich gerade in derselben oder in der entgegengesetzten Phase befinden sollten und von einer besonderen Verstärkung oder Abschwächung durch Interferenz bei dem Lichte von zwei verschiedenen Quanta nicht die Rede sein kann. Gibt also ein Quantum für sich keinen deutlichen Interferenzstreifen, so können ihn eine Anzahl Quanta zusammen ebensowenig hervorbringen. Man muß deshalb wohl annehmen, daß in dem betrachteten Falle in jedem Lichtquantum mindestens zwei Millionen Wellen aufeinander folgen und daß also, wenn man die Wellenlänge zu $4 \cdot 10^{-5}$ cm setzt, jedes Quantum sich in der Richtung der Bewegung über einen Bereich von mindestens 80 cm erstreckt.

Die Vorstellung, zu der man gelangt, daß die Lichtquanta nicht in sehr kleinen Räumen aufgehäuft sind, sondern daß man es immer mit einer ganzen Reihe von Wellen zu tun hat, führt zu einer eigenartigen Schwierigkeit, wenn man die Aufnahme des Lichtes durch ein absorbierendes Molekül betrachtet. Nach der gemachten Voraussetzung kann ein solches Teilchen nicht weniger als ein volles Quantum aufnehmen, aber es kann dies nur tun, indem es sich der Energie von einer großen Zahl von Schwingungen bemächtigt. Wie kann jedoch im Augenblick, wo die erste Welle ankommt, entschieden werden, ob ihre Energie absorbiert werden muß, da es darauf ankommt, ob noch genug Wellen folgen werden, um ein volles Quantum zu liefern? Man wird sich vorstellen müssen, daß das Teilchen vorläufig die Energie aufnimmt, um sie festzuhalten, wenn es ein volles Quantum zusammengebracht hat, aber sie wieder loszulassen, wenn ihm das nicht geglückt ist.

Zum Schlusse möge noch gezeigt werden, daß ein Lichtquantum sich auch seitwärts in der Richtung senkrecht zur Bewegung über eine beträchtliche Strecke ausbreiten kann. Stellen wir uns vor, daß ein Stern mit einem Fernrohr betrachtet wird und daß sein Bild so gut ist, wie man es bei der Größe der Objektivöffnung nach der gewöhnlichen experimentell bestätigten Diffraktionstheorie erwarten kann. Die Erfahrung lehrt, daß das Bild merklich schlechter wird, wenn man vor dem Objektiv einen Schirm anbringt, mit einer Öffnung, die nur einen Teil o der ganzen Objektfläche O freiläßt; man bekommt dann Licht S auf einen Teil der Brennpunktsebene, der größer ist als der Teil s dieser Ebene, auf welchen das Licht bei unbedecktem Objektiv konzentriert wird.

Es ist nun klar, daß diese Verschiedenheit unmöglich zustande kommen könnte, wenn die Lichtquanta so gut wie keine seitliche Ausbreitung hätten, wenn sie „punktförmig" wären. Da zwischen den verschiedenen Quanten keinerlei Zusammenhang besteht, wird in diesem Falle die bei voller Öffnung wahrgenommene Lichtkonzentration nur bestehen können, wenn jedes Quantum für sich in einem kleinen Teil s der Brennpunktfläche ankommt und wenn dieser Teil für alle Quanta dieselbe Lage hat; aber dann muß auch bei Anwesenheit des Schirmes dieselbe Konzentration wahrzunehmen sein.

Dieselbe Schlußfolgerung gilt, wenn man zwar den Quanten eine seitliche Ausdehnung zuschreibt, aber eine so kleine, daß auch die Öffnung o noch ganze Quanta durchlassen kann. Einen Einfluß auf das Bild kann das Diaphragma nur dann haben, wenn jedes Quantum eine so große Oberfläche einnimmt, daß die Öffnung o in verhältnismäßig größerem Maße als das ganze Objektiv O so durch Quanta getroffen wird, daß nur ein Teil von ihnen innerhalb, ein anderer Teil außerhalb des Randes auffällt, und wenn überdies der innerhalb des Randes auffallende Teil eines Quantums auch wirklich aufgenommen wird.

Nimmt man an, so wie es die Hypothese streng genommen mit sich bringt, daß aus dem einen oder andern Grunde Teile eines Lichtquantums nicht in das Instrument eindringen können, dann wird man wieder zu dem Schlusse kommen, daß das Maß der Lichtkonzentration durch das Diaphragma nicht geändert werden kann; es würde aber, sobald die Öffnung kleiner wird als die Ausdehnung eines Lichtquantums, überhaupt kein Licht mehr zu sehen sein.

Der Gedankengang, der uns zu dem Schlusse führt, daß die Lichtquanta sich über einen be-

trächtlichen Teil der Objektivoberfläche ausdehnen müssen, kann auch folgendermaßen eingekleidet werden. Wenn wir entweder die rechte oder die linke Hälfte des Objektivs bedecken, nehmen wir jedesmal eine größere Ausbreitung des Lichtes wahr, als wenn wir mit der vollen Öffnung arbeiten. Es wird an einigen Stellen die Lichtbewegung, die durch die eine Hälfte hereindringt, infolge von Interferenz aufgehoben durch die Bewegung, die durch die andere Hälfte gegangen ist. Diese Wirkung muß aus dem mehrfach erwähnten Grunde durch ein Lichtquantum zustande kommen; ein Lichtquantum muß sich also über die beiden Hälften des Objektivs erstrecken.

Die Tatsache, daß es Fernrohre mit einem Objektivdurchmesser von 50 cm gibt, wobei die Größe der Öffnung auch wirklich zu ihrem Rechte kommt, nötigt uns also, eine Ausdehnung der Lichtquanten über viele hundert cm^2 anzunehmen, und zu noch größeren Zahlen kommt man, wenn man bedenkt, daß das neue Spiegelteleskop von Hale einen Durchmesser von 150 cm hat und Bilder gibt, die dieser Öffnung entsprechen. Ja, man kann erwarten, daß die seitliche Ausbreitung der von einem Sterne kommenden Lichtquanten noch viel größer ist, denn es wäre ein sonderbarer Zufall, wenn die Ausbreitung gerade mit den Abmessungen unserer Instrumente übereinstimmte.

Das Aufnehmen von Teilen eines Lichtquantums wurde schon kurz erwähnt. Wieweit die Zerstückelung dieser „Einheiten" gehen kann, wird am deutlichsten klar, wenn man bedenkt, daß der Stern mit unbewaffnetem Auge zu sehen ist. Aus der seitlichen Ausbreitung, von der wir sprachen, folgt, daß dann von jedem Quantum nur ein sehr kleiner Bruchteil, vielleicht der 10000ste, in die Pupille eindringen kann. Will man nun doch noch an der Vorstellung festhalten, daß das Licht nur in ganzen Quanten auf die Netzhaut wirken kann, dann wird nichts anderes übrig bleiben als anzunehmen, daß auf eine oder die andere Weise im Auge die Bruchteile einer großen Zahl verschiedener Einheiten wieder zu einem vollen Quantum vereinigt werden.

Das Gesagte dürfte genügen, um zu zeigen, daß von Lichtquanten, die bei der Fortbewegung in kleinen Räumen konzentriert und stets ungeteilt bleiben, keine Rede sein kann.

(Aus dem Holländischen übersetzt von Hilde Barkhausen.)

(Eingegangen 23. März 1910.)

REFERATE.

Der harmonische Analysator von O. Mader.

Von A. Schreiber.

Jede periodische Funktion $f(x)$ von der Periode a, mag sie nun analytisch, d. h. durch einen mathematischen Ausdruck, oder willkürlich, d. h. etwa durch Beobachtungen oder durch eine graphische Darstellung gegeben sein, läßt sich bekanntlich durch eine sog. Fouriersche Entwicklung von der Form

$$f(x) = \frac{1}{2}A_0 + A_1 \cos\frac{2\pi x}{a} + A_2 \cos 2\cdot\frac{2\pi x}{a} + \cdots + B_1 \sin\frac{2\pi x}{a} + B_2 \sin 2\cdot\frac{2\pi x}{a} + \cdots$$

ausdrücken. Hier stellt jedes Glied, vom ersten abgesehen, eine einfache, sog. harmonische Schwingung mit der Periode $\frac{a}{n}$ $(n = 1, 2 \cdots$ usf.) dar. Für die Amplitudenwerte der einzelnen Sinus- und Kosinusschwingungen hat man folgende Ausdrücke:

$$\left.\begin{aligned} A_n &= \frac{2}{a}\int_0^a f(x)\cos\left(n\cdot\frac{2\pi x}{a}\right)dx \\ B_n &= \frac{2}{a}\int_0^a f(x)\sin\left(n\cdot\frac{2\pi x}{a}\right)dx, \end{aligned}\right| \quad (1)$$

die zur rechnerischen Ermittelung dienen können. Ein Instrument zur Auswertung dieser beiden Integrale auf mechanischem Wege ist zuerst von Wm. Thomson (Lord Kelvin) konstruiert worden. Später haben sich Henrici[1]), Wiechert, Sommerfeld u. a. mit der Konstruktion solcher Instrumente, die nach englischem Gebrauche als harmonische Analysatoren bezeichnet werden, befaßt.

Der vorliegende Analysator ist unseres Wissens das erste Instrument, das wegen seiner leichten Handhabung, der großen ihm innewohnenden

1) Vergl. O. Henrici, Über Instrumente zur harmonischen Analyse, Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Modelle, Apparate und Instrumente. München 1892, herausgegeben von der Deutschen Mathematiker-Vereinigung.

Genauigkeit und nicht zuletzt wegen des verhältnismäßig billigen Preises allen wissenschaftlichen und praktischen Ansprüchen genügt und auf allgemeine Beachtung, vorzugsweise auch in den Kreisen der Mathematiker und Physiker, rechnen kann. Die höchst einfache und durchsichtige Anordnung des Instruments ist in erster Linie dadurch ermöglicht worden, daß der Erfinder von vornherein darauf verzichtet hat, das Instrument so einzurichten, daß mit einer einzigen Befahrung sogleich die Amplituden mehrerer Grundschwingungen auf einmal ermittelt werden können; bei dem Maderschen Analysator bedarf es zur Ermittelung jedes einzelnen Koeffizienten aus der Reihe der A und B einer Befahrung der vorgelegten Kurve. Übrigens beruht die Wirkungsweise des Instruments im wesentlichen auf der von Clifford-Finsterwalder angegebenen graphischen Methode der harmonischen Analyse. Jeder Koeffizient A oder B wird durch den Flächeninhalt einer vom Instrument erzeugten Kurve dargestellt und durch ein beliebiges Planimeter (Polarplanimeter oder Präzisionsplanimeter), dessen Fahrstift in den jene Kurve erzeugenden Punkt eingesetzt wird, gemessen. Den Analysator samt Planimeter zeigt Fig. 1.

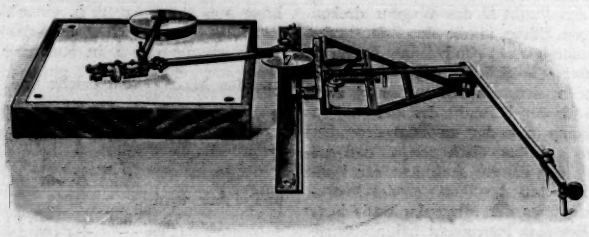


Fig. 1.

An einem Wagen W (s. Fig. 2), der auf drei Rollen läuft und nur in einer bestimmten Richtung verschiebbar ist, sind drei bewegliche Teile befestigt:

1. Ein Winkelhebel FKS ($\sphericalangle FKS = 90^0$),

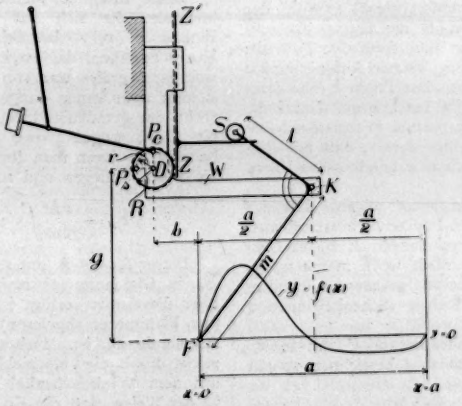


Fig. 2.

drehbar um den Punkt K. Der Punkt F ist der Fahrstift des Analysators.

2. Eine Zahnstange ZZ', die auf dem Wagen W verschoben werden kann und zwar nur in der Verschiebungsrichtung des Wagens, die durch das Lineal in Fig. 1 angegeben ist, in dessen Nut sich zwei der Wagenrollen bewegen. Die Ver-

schiebung der Zahnstange erfolgt mittels der am Ende des Winkelschenkels KS angebrachten Rolle S, die derart mit der Zahnstange verbunden ist, daß bei einer Drehung des Winkelhebels um K die Zahnstange mitgenommen wird und sich in der ihr vorgeschriebenen Richtung verschiebt.

3. Eine gezahnte Scheibe vom Halbmesser R, die sich um den Punkt D des Wagens drehen kann und deren Zähne in die der Zahnstange eingreifen. Dadurch dreht sich bei einer Drehung des Winkelhebels die Scheibe um D; auf der Scheibe befinden sich am Halbmesser r zwei Einsatzpunkte für den Fahrstift des Planimeters.

Die Zeichnung mit der zu analysierenden Kurve wird so auf den Tisch gelegt, daß die X-Achse (Basis der Kurve) senkrecht zur Führungsschiene und daß der Punkt K des Instruments senkrecht über der Mitte der Basis liegt (vgl. Fig. 2). Ein dem Instrument beigegebener, mit Teilung versehener Zeichenwinkel gestattet, die Zeichnung ohne besondere Mühe bzw. wenn die Zeichnung bereits befestigt ist, die Führungsschiene in die richtige Lage zu bringen. Durch zwei in die Unterlage zu drückende Nadelspitzen wird eine Verschiebung der Schiene verhindert.

Die Befahrung der Kurve wird nun in der Weise vorgenommen, daß man zunächst den Fahrstift F in den Anfangspunkt ($x = 0$) der Basis a einsetzt, darauf die Kurve bis zum Punkte $x = a$ befährt und dann den Fahrstift auf der Basis geradlinig bis zum Anfangspunkte der Basis zurückführt. Der Punkt F hat dann eine geschlossene Kurve beschrieben. Durch die Befahrung kommt die Scheibe in fortschreitende und drehende Bewegung derart, daß der Einsatzpunkt P_s gleichfalls eine geschlossene Kurve beschreibt.

Es läßt sich nun leicht zeigen, daß der Flächeninhalt der vom Punkte P_s beschriebenen Kurve durch den Integralausdruck B_u in Gleichung (1) dargestellt wird, wenn man nur die Abmessungen der Scheibe (Halbmesser R und r) und die des Winkelhebels (Schenkellängen l und m) entsprechend wählt.

Werden die Koordinaten von P_s mit y_s, x_s, die des Fahrstiftes mit y, x bezeichnet, so gilt zunächst die Gleichung

$$y_s = y + \chi(x), \qquad (2)$$

worin χ eine Funktion von x allein bedeutet, auf die es im übrigen nicht weiter ankommt. Daß die Gleichung (2) richtig ist, folgt aus der Differentialgleichung $dy_s = dy$, denn bei einer beliebigen Verschiebung des Punktes F parallel der Y-Achse bewegt sich nur der Wagen; es tritt aber keine Drehung der Scheibe ein. Es ist weiter

$$-x_s = b + r\cos\beta,$$

wobei β der Winkel ist, um den sich die Scheibe gedreht hat, während der Fahrstift vom Punkte $x = 0$, $y = 0$ nach dem Punkte x, y gewandert ist, d. h. der Winkel, den der Durchmesser DP_s mit seiner Anfangslage, wie sie sich aus Fig. 2 ergibt, einschließt. Das Maß b ist in Fig. 2 eingeschrieben. Da ferner einer Verschiebung des Punktes F von der Lage $x = 0$, $y = 0$ in die Lage $x = x$, $y = 0$, d. h. einer Verschiebung in Richtung der X-Achse um das Maß x, eine Verschiebung von S in Richtung der Y-Achse um das Maß $\frac{xl}{m}$ entspricht und da diese Verschiebung von S andererseits durch $R\beta$ ausgedrückt werden kann, so hat man

$$\beta = \frac{x}{R}\cdot\frac{l}{m}$$

und damit wird

$$x_s = -\left(b + r\cos\frac{xl}{Rm}\right). \qquad (3)$$

Es ergibt sich nun für die vom Punkte P_s beschriebene Fläche

$$F_s = \int y_s\, dx_s = \int y\,\frac{rl}{Rm}\sin\frac{rl}{Rm}\,dx + \int \chi(x)\,\frac{rl}{Rm}\sin\frac{rl}{Rm}\,dx.$$

Beide Integrale rechter Hand sind Linienintegrale, die sich auf den Rand der vom Punkte $F(x, y)$ beschriebenen geschlossenen Kurve beziehen; das zweite hat den Wert null, weil es überdies nur von x abhängt. Berücksichtigt man ferner, daß in dem ersten Integrale rechts der geradlinige Integrationsweg von $x = a$ bis $x = 0$ wegen $y = 0$ nichts zum Integrale beiträgt, so kann man ihm die Grenzen $x = 0$ bis $x = a$ beilegen und man hat also

$$F_s = \frac{rl}{Rm}\int_0^a y\sin\frac{xl}{Rm}\,dx. \qquad (4)$$

Dieser Ausdruck unterscheidet sich aber von B_u in Gleichung (1) nur in den Konstanten, über die derart verfügt ist, daß 1 qcm Fläche (am Planimeter abgelesen) direkt 1 mm in der Amplitude B_u ist. Insbesondere wird dies erreicht durch die Verschiebbarkeit des Fahrstiftes auf dem Winkelschenkel $KF = m$, und zwar in der Weise, daß die Konstante vor dem Integral in Gleichung (4) das 10fache von $\frac{2}{a}$ wird; zu diesem Zwecke ist der Schenkel KF mit einer Teilung versehen, mit Hilfe deren man den Fahrstift auf jede beliebige Basis a zwischen 20 und 360 mm einstellen kann. Man hat also nicht nötig, die Kurven auf eine bestimmte Basis umzuzeichnen, wie dies bei älteren Instrumenten der Fall ist.

Für jede Grundschwingung ist dem Instrumente eine besondere Scheibe beigegeben, durch deren Abmessungen über R und r bezw. über die Ordnungszahl n der Grundschwingung verfügt ist. Auf jeder Scheibe ist noch ein zweiter Einsatzpunkt P_c gegen P_s um 90° versetzt, angebracht, der, wie leicht ersichtlich, zur Ermittelung der Amplitude A_n dient.

Die mit dem Analysator angestellten Versuche (Analyse einer aus Stücken von geraden Linien zusammengesetzten, integrierbaren Funktion und Vergleichung mit den analytisch bezw. rechnerisch gewonnenen Amplitudenwerten) haben ergeben, daß der mittlere Fehler der mechanisch ermittelten Amplituden bei gehöriger Sorgfalt $\pm$ 0,1 mm ist. Das Instrument dürfte daher auch hinsichtlich der Genauigkeit allen Anforderungen entsprechen, die bei physikalischen, meteorologischen und technischen Anwendungen gestellt werden können[1]).

1) Erfinder des Instruments ist Dr. ing. O. Mader, Assistent am Maschinen-Laboratorium der Technischen Hochschule Aachen. Das Instrument wird von der Firma Gebr. Stärzl, München, Amalienstraße 28, hergestellt und kostet 120 M. (D.R.G.M.)

(Eingegangen 19. März 1910.)

Ein neues Gasrefraktometer und Gasinterferometer zu analytischen Zwecken.

(Nach Angaben von F. Haber konstruiert von der Firma Carl Zeiß-Jena[1]).)

Von K. Jellinek.

Die Analyse technischer Industriegase hat eine eminente Bedeutung; für zahlreiche Industriezweige (Feuerungstechnik, Schwefelsäurefabrikation) ist die fortlaufende Verfolgung der chemischen Prozesse durch die Gasanalyse eine Lebensfrage. Bisher wurde die Gasanalyse auf volumetrischem und densimetrischem Wege durchgeführt, F. Haber hat nun auf den optischen Weg, der manche Vorzüge hat, hingewiesen, und im Verein mit Dr. Löwe (Zeiß-Jena) das neue Gasrefraktometer und das neue Gasinterferometer konstruiert.

Das Gasrefraktometer besteht aus einem Fernrohr, einem Gasprisma und einem Spiegel, die hintereinander aufgestellt sind. Als Lichtquelle dient eine Nernstlampe, die durch ein kleines seitliches Fenster ihr Licht auf die total reflektierende Fläche eines kleinen, im Innern des Fernrohrs befindlichen Prismas fallen läßt. Dies Prisma, dessen total reflektierende Fläche also das bildgebende Objekt ist, ist nahe vor dem Okular des Fernrohrs an dessen Seitenwand befestigt und so klein, daß es die Fernrohrachse nicht erreicht. Das Licht geht von der Prismenfläche aus durch das Fernrohr und Gasprisma hindurch und trifft sodann einen Spiegel, der nicht genau senkrecht auf der Strahlenrichtung steht, so daß die Strahlen nicht in sich, sondern unter einem ganz kleinen Winkel reflektiert werden. Die Strahlen gehen nun wieder durch das Prisma und Fernrohr zurück, wodurch in dem zentralen Teile des Fernrohrs ein Bild der Prismenfläche erscheint. In der Bildfläche des Fernrohrs ist eine reelle Skala angebracht, die zum Teil durch das Bild der total reflektierenden Prismenfläche hell erleuchtet, zum Teil dunkel ist. Auf die scharfe Kante der Prismenfläche, also die Grenzlinie hell-dunkel auf der Skala wird eingestellt, bzw. ihr Wandern auf der Skala bei verschiedener Füllung des Gasprismas beobachtet. Die Beobachtung des Bildes geschieht nicht einfach durch das Fernrohrokular, sondern an dessen Stelle durch ein Mikroskop. Das Mikroskop ist leicht entfernbar und an seine Stelle kann eine Projektionslinse gesetzt werden, die Fernablesungen auf mehrere Meter gestattet.

Der wesentlichste Bestandteil des Apparates, das Gasprisma, ist bis auf die Eintritts- und Austrittsstellen des Lichtes ganz aus Metall (Ausgleich von Temperaturdifferenzen) und besitzt einen brechenden Winkel von 160°. Das Gas wird vermittelst Ansatzstutzen in das Prisma eingeführt, die Innenflächen sind durch einen widerstandsfähigen Lack vor chemischen Angriffen geschützt. Auf den beiden schrägen Flächen sind mit Guttapercha-Paraffinkitt zwei völlig optisch homogene planparallele Glasstreifen aufgekittet von 20 cm Länge, 3 cm Breite und 1 cm Dicke. Um jedes beliebige Gas als Vergleichsgas benutzen zu können, ist das Gasprisma von einer in zwei Hälften abschraubbaren Hülse umgeben, durch welche das Vergleichsgas geleitet wird. Die Abschlußplatte der dem Fernrohrobjektiv zugewendeten Hülsenhälfte bildet ein die Dispersion des Versuchsgases kompensierender drehbarer Keil von kleinem brechenden Winkel. Am leichtesten wird die Dispersion aber durch monochromatisches Licht beseitigt.

Nimmt man nun in der Hülse Luft und auch in dem Gasprisma Luft, so erhält man die Nullstellung der Bildkante auf der Skala. Ersetzt man die Luft im Prisma durch ein anderes Gas, so tritt ein Wandern der Bildkante ein. Änderungen des Barometerstandes um 2 Proz. oder der Temperatur um 6° bewirken Ände-

1) Die Angaben des vorliegenden Referats sind einer Arbeit von Ludwig Stuckert, „Über die Lichtbrechung der Gase und ihre Verwendung zu analytischen Zwecken", Zeitschr. f. Elektrochem. 16, 37—75, 1910, entnommen.

rungen der Einstellung, die unter der Empfindlichkeit des Instrumentes liegen. Die Empfindlichkeit des Instruments wird am besten durch ein Beispiel erläutert. Wenn man im Prisma oder der Umhüllung 0,9 Proz. der Luft durch CO_2 ersetzt, so wandert der Nullpunkt (Prisma und Hülle mit reiner Luft gefüllt) um einen Teilstrich auf der Skala. Für ein Gemisch von 99 Proz. Luft und 1 Proz. CO_2 um 1,1 Skalenteile. Der absolute Brechungskoeffizient der Luft (18°, 750 mm Hg) beträgt 1,000271, der der CO_2 1,000417. Die brechende Kraft des Gemisches ist also:

$$0{,}99\ (1{,}000271 - 1) + 0{,}01\ (1{,}000471 - 1) = 0{,}0002725.$$

Der absolute Brechungsexponent des Gemisches beträgt also 1,0002725, der relative gegen reine Luft 1,0000015. Dieser Wert entspricht 1,1 Skalenteilen. $^1/_5$ Skalenteil läßt sich noch gut schätzen, folglich kann man Unterschiede des relativen Brechungsexponenten von drei Einheiten der siebenten Dezimale und CO_2-Gehalte bis zu 0,2 Proz. erkennen. Die Genauigkeit des Instruments ist um so größer, je größer die Differenz der Brechungsexponenten des Gashauptbestandteils und der zu bestimmenden Beimischung ist. Schweflige Säure und Äthylen lassen sich mit der doppelten, Benzol und Pentandämpfe mit der zehnfachen Genauigkeit bestimmen.

Das zweite, viel genauere Instrument, das Gasinterferometer, benutzt die von Fraunhofer zuerst beobachteten Beugungserscheinungen. Es besteht im wesentlichen aus zwei über 1 m voneinander entfernten konaxialen Kollimatorrohren und den zwischen ihnen befindlichen Gasrohren. Die Lichtquelle, die vor dem ersten Kollimatorrohr steht, ist eine Nernstlampe (horizontaler Faden), deren Strahlen durch einen Kondensor auf den Spalt des Kollimatorrohres fallen. Der Spalt bildet den Brennpunkt der Kollimatorlinse, deren Durchmesser 6 cm und deren Brennweite 50 cm beträgt. Das von der Kollimatorlinse parallel gemachte Licht trifft, wie erwähnt, in mehr als 1 m Entfernung das zweite Kollimatorrohr, vor dessen Linse aber sich die Diffraktionsebene aus Messingblech befindet, in welcher zwei Beugungsspalte (5 cm lang, 4 mm breit, 20 mm Abstand) eingeschnitten sind.

In der 50 cm entfernten Brennebene der zweiten Kollimatorlinse entsteht die Beugungserscheinung. Zwischen erstem Kollimator und Diffraktionsebene werden nun die Gasröhren eingeschaltet. Sie sind aus gezogenem Messing verfertigt, der Länge nach zusammengelötet, an beiden Enden mit planparallelen Platten (aus einem Stück geschnitten) geschlossen. Sie sind 1 m lang, 1,4 cm breit und hoch. Vor jedem Beugungsspalt liegt die Lichtaustrittsöffnung einer Röhre. Die Höhe, in der die Röhren gelagert sind, ist eine solche, daß die obere Abschlußkante auf der Höhe des horizontalen Durchmessers der Kollimatorlinsen liegt, also gerade die untere Hälfte des Lichtbündels durch die Gasröhren geht. — Ist in beiden Röhren Luft, so gibt das untere Lichtbündel dasselbe Beugungsphänomen, wie das obere. Nur ist das System der Interferenzen in der Mitte des Gesichtsfeldes durch eine schwarze Trennungslinie gesondert, welche die Projektion der oberen Abschlußfläche der Gasröhren darstellt. Das Beugungsphänomen im Gesichtsfeld besteht aus einem zentralen hellen (weißen) Streifen, der rechts und links von zwei schmalen, dunklen (schwarzen) Fransen mit schwachfarbigen Rändern begrenzt ist, an diese reihen sich seitwärts die Beugungsspektren höherer Ordnung. Die Beugungserscheinung wird durch eine Zylinderlinse (starke Helligkeit der Interferenzerscheinung) beobachtet. Wird in eine der beiden Gasröhren statt Luft ein Fremdgas eingeführt, so wandert die untere Hälfte des Streifensystems zur Seite, die obere bleibt fest stehen, ihr mittelster heller Streifen ist Fixpunkt. Wird auch in den Gang des zweiten unteren Strahles durch eine Hilfsvorrichtung ein Gangunterschied eingeschaltet, so wandert das Streifensystem zurück, man kann kompensieren und wieder auf den Fixpunkt einstellen. Als Hilfsvorrichtung wird ein Jaminscher Kompensator verwendet. Unmittelbar vor den beiden Beugungsspalten befinden sich zwei planparallele Platten (3 mm dick) unter einem spitzen Winkel gegen die Abschlußflächen der Gasröhren geneigt. Die eine ist unbeweglich, die andere kann um eine horizontale Achse um kleine Beträge gedreht werden. Durch die Drehung wird die Dicke der Glasschicht geändert, also ein beliebiger Gangunterschied eingeschaltet und das untere Streifensystem seitlich verschoben.

Die Drehung ist an einem Teilrad meßbar, dessen Umfang in 100 Teile geteilt ist. 30 Teile Umdrehung entsprechen einer Verschiebung um eine Streifenbreite. Plötzliche Streifenverzerrungen werden durch festes Montieren der Apparatteile auf eine Eisenschiene vermieden, sowie dadurch, daß die Gasröhren samt den Enden der Kollimatorrohre in ein mit Filz umhülltes Gehäuse geschlossen sind.

Die Empfindlichkeit des Apparates läßt sich durch Bestimmung des Methangehaltes (schlagende Wetter) der Luft, die aus Bergwerken gefördert wird, demonstrieren. Bedeuten L die Länge der Gasrohre, n_M den absoluten Brechungsexponenten des Methans (18°, 750 mm), n_L den der Luft, λ die mittlere Wellenlänge des weißen

Lichts 550 $\mu\mu$, endlich m die Anzahl der Streifen, um welche sich das untere System bei Ersatz der Luft in einem Gasrohr durch Methan verschiebt, so gilt die Formel

$$L(n_M - n_L) = \lambda m$$

oder

$$L(1{,}000411 - 1{,}000271) = 0{,}550\, m$$

$m = 254{,}5$ Streifen weißen Lichts.

1 Proz. Methan entspricht also 2,55 Streifenbreiten. Eine Streifenbreite ist aber gleich 30 Teilstrichen des Teilrades. Ein Gangunterschied dieser Größe wird durch Luft, die 0,4 Proz. Methan enthält, hervorgerufen. Bis auf einen halben Teilstrich läßt sich einstellen, also läßt sich noch $^1/_{200}$ Proz. Methan erkennen.

Die Vorteile der optischen Gasanalyse gegenüber den anderen Methoden sind außer der Bequemlichkeit noch die, daß Sperrflüssigkeiten wegfallen, daß nicht wie bei den Dichtemethoden Differenzen zweier Größen, sondern ihr Verhältnis gemessen wird, und man daher bei kleineren Dimensionen des Apparates zu besseren Resultaten gelangt. Mit dem Interferometer kann man in einer Gasröhre von 1 m Länge eine Änderung der brechenden Kraft der Luft um $^1/_{20000}$ wahrnehmen, bei dem Krellschen Apparat, der eben noch einen Druckunterschied von 0,0025 mm mißt, müßte man zur Feststellung derselben Änderung eine Gassäule von 33 m mit einer gleich hohen Säule gewöhnlicher Luft vergleichen.

(Eingegangen 3. April 1910.)

BESPRECHUNGEN.

L. Poincaré, Die Elektrizität. Übersetzt von A. Kalähne. 8. VIII u. 261 S. Leipzig, Quelle & Meyer. 1909. M. 3.80, gebunden M. 4.40

Das vorliegende Buch über Elektrizität kann ich nur warm empfehlen. Es ist nicht eigentlich populär im gewöhnlichen Sinne des Wortes, und dennoch für den Physiker und Elektrotechniker eine leichte und angenehme Lektüre. Man erhält einen sehr guten und auch vollkommen zuverlässigen Einblick in die Entwickelung der theoretischen Fragen sowohl, als die der praktischen Anwendungen. — Die Übersetzung ist sehr zu loben; nur hätte der Übersetzer vielleicht einige Banalitäten des französischen Textes (z. B. Bemerkungen über die moralische (!) Wirkung der Quecksilberlampe) unterdrücken können. Auf den Wert des Buches ist das ohne Einfluß geblieben.

Cl. Schaefer.

H. E. Timerding, Geometrie der Kräfte. (B. G. Teubners Sammlung von Lehrbüchern der mathematischen Wissenschaften. Band I.) gr. 8. XI u. 381 S. mit 27 Figuren. Leipzig, B. G. Teubner. 1908. Gebunden M. 16.—

Der Verfasser des Artikels „Geometrische Grundlagen der Mechanik" (Enzyklopädie der mathem. Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen. IV, 1), der über die Ballsche Schraubentheorie referiert, hat sich in diesem Werke die Aufgabe gestellt, die geometrische Seite des Kraftbegriffes in einem Lehrbuch zu behandeln. Die Form der Darstellung ist wesentlich elementar. Die ersten Kapitel entwickeln die mathematische Natur des Begriffes der Kraft mit Hilfe der Vektoranalysis; auf diese Sprache wird später verzichtet. Die Kapitel der Mitte geben eine Darstellung der Schraubentheorie; die höher liegenden Ballschen Resultate bleiben in Rücksicht auf die elementaren Methoden außerhalb. Die Schlußkapitel, gehören der Kinetik des starren und der Statik des deformierbaren Körpers.

Die Sammlung der vielverzweigten Einzelliteratur entspricht einem großen Bedürfnis. Der Hauptwert des Buches dürfte in der Entwicklung der Gebilde und Begriffe der Liniengeometrie aus den natürlichen Problemen der Mechanik liegen.

Wolfgang Voigt.

J. Perry, Angewandte Mechanik. Ein Lehrbuch für Studierende, die Versuche anstellen und numerische und graphische Beispiele durcharbeiten wollen. Berechtigte deutsche Übersetzung v. R. Schick. gr. 8. VIII u. 666 S. mit 371 Figuren. Leipzig, B. G. Teubner. 1908. Gebunden M. 18.—

Der Verfasser des vorliegenden Lehrbuches ist dem deutschen Leserpublikum bestens bekannt, durch seine „Höhere Analysis für Ingenieure" und dem Physiker besonders durch sein prächtiges Büchlein über „Drehkreisel". Auch das vorliegende Werk ist in seiner Art ein wohl einzig dastehendes, sowohl was die originelle Frische, jeder Pedanterie abholde Art der Darstellung, als auch die Lehrmethode angeht. Man merkt auf jeder Seite die Persönlichkeit des Verfassers: er macht aus seinem Herzen keine Mördergrube, und wo ihm eine wissenschaftliche Ansicht oder pädagogische Methode nicht paßt, sagt er es unumwunden. Er verhöhnt zum Beispiel diejenigen, welche „einem jungen Manne den Gebrauch der Logarithmen erst gestatten wollen, wenn er sie berechnen könne", in folgender treffender Weise: „Danach dürfe man keine Uhr gebrauchen und keinen Rock tragen, bevor man nicht diese Dinge selbst anfertigen könne". Andererseits schießt er übers Ziel hinaus, wenn er als Gegenmittel gegen diese doch wohl recht vereinzelt dastehenden übertriebenen Forderungen verlangt, daß die jungen Tech-

niker ihre Kenntnisse in Mathematik, Mechanik, Physik, Chemie bei Ingenieuren erlernen sollen! — Solcher Stellen, die uns von der impulsiven Natur des Autors Zeugnis geben, könnte ich natürlich noch viele anführen; aus den gegebenen Beispielen dürfte zur Genüge das Eine hervorgehen, daß die Lektüre des Perryschen Buches alles andere als langweilig ist. Deshalb werden auch unsere jungen Techniker bald Freundschaft mit dem Buche schließen, das wie kaum ein zweites geeignet erscheint, dem, der sich darum bemüht, lebendiges Wissen und Können zu vermitteln. Cl. Schaefer.

Müller, F., Führer durch die mathematische Literatur. Mit besonderer Berücksichtigung der historisch wichtigen Schriften. (Abhandlungen zur Geschichte der mathemat. Wissenschaften. XXVII. Heft.) gr. 8. X u. 252 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1909. M. 7.—, gebunden M. 8.—

Die Schwierigkeit, ein Werk, wie das vorliegende, zu besprechen, liegt auf der Hand. Denn wer die Mathematik als Hilfswissenschaft betreibt, kann nicht so orientiert sein, daß er alle Lücken eines derartigen Führers empfindet. Ich habe mich daher auf Stichproben beschränkt, und habe da zu meinem Erstaunen rechthäufig Lücken entdeckt. Um nur einige Beispiele anzuführen: es fehlt der Name Fredholm vollständig; unter dem Titel „Besselsche Funktionen" werden zwar die Meißelschen Tabellen für die Funktionen erster Art, nicht aber die ebenso wichtigen, von B. A. Smith berechneten Tabellen für die Funktionen zweiter Art angegeben; unter „Variationsrechnung", die überhaupt etwas stiefmütterlich behandelt scheint, vermisse ich das Lehrbuch von Bolza; das zweibändige Lehrbuch der Analysis von Lipschitz steht unter „Funktionentheorie" wo es kein Mensch suchen würde und so weiter. Als Kuriosum für die Leser dieser Zeitschrift sei noch angeführt, daß auch Maxwell im Inhaltsverzeichnis steht, aber lediglich als Mitarbeiter des „Quarterly Journal of pure and applied mathematics". —

Nach dieser kleinen Blütenlese möchte ich um so nachdrücklicher betonen, daß der Verfasser uns ein wertvolles, wenn auch nicht vollkommenes Hilfsmittel für den Unterricht geschenkt hat.

Cl. Schaefer.

Tagesereignisse.

Zum Studium eventuell auftretender elektromagnetischer Störungen in der Erdatmosphäre beim Durchgang der Erde durch den Schweif des Halleyschen Kometen ist auf Anregung von Mitgliedern der Kgl. Akademie der Wissenschaften zu Göttingen eine **Expedition nach Island** für die Zeit des Erscheinens des Kometen geplant. Zur Ausführung des Planes sind der bisherige Observator am Samoa-Observatorium Dr. G. Angenheister und der Assistent am Geophysikalischen Institut der Universität Göttingen Dr. A. Ansel beauftragt.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: An der Technischen Hochschule München Dr. J. Popp für Physik, an der Universität Bern Dr. J. Luterbacher für Experimentalphysik, an der Technischen Hochschule Stuttgart Dr. Hugo Bauer für organische Chemie, an der Technischen Hochschule Graz Professor Dr. V. C. v. Löwenhaupt von der Handelsakademie in Graz für allgemeine Chemie.

Ernannt: Professor Dr. Hermann Dießelhorst, Mitglied der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin, zum ord. Professor der Physik an der Technischen Hochschule Braunschweig, der Honorardozent an der Deutschen Technischen Hochschule Prag Dr. Gustav Rosmanith zum a. o. Professor für Versicherungsmathematik und mathematische Statistik ebenda, der ord. Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule Hannover Dr. Constantin Carathéodory in gleicher Eigenschaft an die Technische Hochschule Breslau, der Professor an der Yale-Universität in New Haven Dr. Bertram B. Boltwood zum ord. Professor für Radiochemie daselbst, der Professor an der Berg- und Hüttenhochschule Ekaterinoslaw Dr. B. F. Kurilov zum ord. Professor der Chemie an der Universität Warschau, der Professor an der Cornell-Universität Dr. Wilhelm B. Fite und der a. o. Professor Dr. H. E Hawsko zu Professoren der Mathematik an der Columbia-Universität, sowie an derselben Universität Professor Dr. George B. Wendelt vom Stevens-Institut zum Professor der Physik und der Professor der Astronomie Dr. Charles Lane Poor zum Professor für Himmelsmechanik, der Chemiker der Gasglühlichtfabrik in Wien Dr. K. Ulrich zum Direktor der staatlichen Uranfarben- und Radiumfabriken in St. Joachimsthal (Böhmen).

Berufen: Der a. o. Professor an der Universität Leipzig Dr. Felix Hausdorff als ord. Professor der Mathematik an die Universität Bonn, der a. o. Professor an der Universität München Dr. Karl T. Fischer als ord. Professor der mathematischen Physik, angewandten Thermodynamik und Elektrotechnik an die Universität La Plata, der a. o. Professor an der Universität Freiburg i. B. Dr. Max Trautz zum etatmäßigen a. o. Professor für physikalische Chemie an der Universität Heidelberg, der ord. Professor für Geodäsie an der Technischen Hochschule Braunschweig Dr. Heinrich Hohenner in gleicher Eigenschaft an die Technische Hochschule Darmstadt.

Verliehen: Dem Lektor für praktische Photographie an der Universität Berlin Dr. Wilhelm Scheffer und dem Chemiker Dr. Paul Hoering in Berlin der Titel Professor, dem bisherigen Direktor der Kaiserlichen Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg Professor Dr. Georg Gerland bei seinem Ausscheiden aus dem Dienste der Charakter als Kaiserlicher Geh. Regierungsrat.

In den Ruhestand: Der Dozent für Projektierung elektrischer Anlagen an der Technischen Hochschule Berlin Dr. E. Klingenberg, der ord. Professor für Experimentalphysik an der Universität Jena Geh. Hofrat Dr. Adolf Winkelmann (für Ende des Sommersemesters), der ord. Professor der Chemie an der Universität Lemberg Dr. Bronislaus Radziszewski.

Gestorben: Der a. o. Professor der physikalischen Chemie an der Universität Breslau und design. ord. Professor an der Technischen Hochschule daselbst Dr. Richard Abegg, der Astronom am Observatorium Nizza Auguste Charlois, der Professor der Chemie an der Universität Liverpool Dr. J. C. Brown, der Professor der Mathematik an der Universität Kansas H. B. Newson, der Professor der Physik am Tufts-College (Mass.) Dr. Amos Emerson Dolbean, der a. o. Professor der Mathematik am Bryn Mawr College (Pa.) J. Edmund Wright, der Professor der Chemie an der Universität von California in Berkeley Dr. K. Rising, der frühere Direktor des Morrison Astronomical Observatory Rev. Carr Walter Pritchett, der Professor für Mathematik und Maschinenbau am Rutgers College Edward A. Bowser.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1910.

Technische Hochschule Aachen.

Stark: Experimentalphysik II: Optik, Thermodynamik, 4; Physikalisches Praktikum (mit Steubing und Meyer), a) Praktische Übungen aus allen Teilen der Physik, 4 oder 6, b) Photographische Übungen, 2, c) Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen (Dissertationen), tägl. — **Seitz**: Theoretische Physik, 2; Experimentalphysik, enzyklopädischer Kursus: Wärme, Schall, Licht, 2. — **Meyer**: Drahtlose Telegraphie, 1. — **Nordmeyer**: Tiefe Temperaturen, ihre Herstellung und Anwendung, 1. — **Polis**: Klimatologie, 2; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie II, 1; Meteorologische Technik, verbunden mit Übungen im Meteorologischen Observatorium. — **Grotrian**: Allgemeine Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik 2; Elektrotechnisches Praktikum, 8. — **Rasch**: Ausgewählte Kapitel der praktischen Elektrotechnik, 1; Einleitung in die Elektrotechnik, 2; Konstruktionslehre der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2. — **Finzi**: Elektromotorische Antriebe in Berg- und Hüttenwerken, 2.—

Bredt: Organische Experimentalchemie I, 4; Übersicht über die organische Chemie, 2; Organisches Praktikum (mit Levy). — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisches Praktikum (mit Cloeren, Fischer, Scheen, Hallmann und Weise); Elektrochemisches Praktikum (mit Fischer). — **Rau**: Chemische Technologie II (Anorganische Industrien) und IV (Technologie der landwirtschaftlichen Gewerbe), 4; Entwerfen von chemischen Apparaten und Fabrikanlagen, Übungen, 4; Chemisch-technisches Praktikum (mit Lambris und Kron).— **Schenck**: Physikalische Chemie II; Theoretische Elektrochemie, Grundzüge der Photochemie, 2, Übungen, 3 bzw. 1 Vormittag bzw. 5 Tage; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. — **v. Kapff**: Chemische Technologie der Gespinstfasern: Färberei, Bleicherei usw., 2, Übungen, 4. — **Fischer**: Maßanalyse, 1. —

Blumenthal: Höhere Mathematik III, 3; Elemente der Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, 1. — **Furtwängler**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2; Vektorenrechnung, 2 *g*. — **Kötter**: Darstellende Geometrie, 4, Zeichnen, 4; Elemente der darstellenden Geometrie, 2, Zeichnen, 2. — **Reißner**: Mechanik I, 4, Übungen, 1, II, 3, Übungen, 1. — **Schumann**: Praktische Geometrie I, 3, II, 2; Geodätisches Praktikum I, 1 Tag; Planzeichnen und Geodätisches Praktikum II, 4; Geographische Ortsbestimmung, 2. — **Haußmann**: Markscheiden und Feldmessen, 3, Übungen, 1 Tag; Ausgleichungsrechnung, 1, Übungen, 2. — **Wandhoff**: Markscheiderische Zeichen- und Rechen-Übungen, 2. —

Universität Basel.

A. Hagenbach: Experimentalphysik I, 6; Physikalisches Praktikum für Vorgerückte, tägl., für Anfänger (mit Veillon), 8; Physikalisches Kolloquium, 14 tägig, 2 *g*. — **VonderMühll**: Einleitung in die mathematische Physik, 5 (1 *g*), Übungen, 2 *g*; Ein Kapitel der mathematischen Physik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Veillon**: Geometrische Optik, 2. — **Platt**: Pädagogisches Seminar, mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung II, 2. — **Zickendraht**: Elektrizität in Gasen, 2. —

Nietzki: Chemisches Vollpraktikum (mit Rupe und Fichter), tägl.; Chemisches Kränzchen (mit Rupe und Fichter), 1 *g*. — **Rupe**: Die Methoden der synthetischen organischen Chemie, 3. — **Fichter**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Analytisches Halbpraktikum für Anfänger, 9. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Übungen in der Untersuchung von Lebensmitteln, 4; Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. — **Müller**: Über chemisches Rechnen, 1. —

Fueter: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Elliptische Funktionen, 4, Seminar, 1 *g*. — **Riggenbach**: Astronomische Übungen, *g*. — **Spieß**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4. —

Universität Berlin.

Rubens: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 5, Mathematische Ergänzung, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 1½ *g*; Arbeiten im physikalischen Laboratorium für Geübtere (mit Wehnelt), tägl. — **Planck**: Mechanik deformierbarer Körper, 4, Übungen, 1 *g*. — **Wehnelt**: Physikalisches Praktikum für Geübtere, tägl., für Anfänger, 7, für Pharmazeuten, 3, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*. — **Slaby**: Elektromechanik I, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Elektrotechnik, 2. — **Warburg**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 2. — **Blasius**: Praktische Übungen für Anfänger I: Mechanik, Akustik, Wärme und Optik (mit Wehnelt), 7; Praktischer Kursus für Mediziner, 3½, Übungen, 1 *g*. — **Neesen**: Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 1½. — **E. Meyer**: Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik, 2. — **Krigar-Menzel**: Theoretische Physik VI, 4. — **Weinstein**: Theorie der Elastizität und Hydrodynamik, 3; Naturkräfte und Naturbelebung, 1 *g*. — **F. Martens**: Experimentalphysik II: Elektrizitätslehre und Optik, 3. — **Börnstein**: Experimentalphysik II, 3; Physikalische Unterrichtsübungen, 4; Physikalische Arbeiten, tägl. — **Fock**: Atom- und Elektronentheorie, 1; Physikalische Kristallographie, 1 *g*. — **Gehrcke**: Elemente der höheren Mathematik, mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungen in naturwissenschaftlichen Fächern, 1½. — **Grüneisen**: Schwingungsvorgänge, 2. — **Kiebitz**: Luftelektrische Messungen, 1 *g*. — **Henning**: Elektronentheorie der Metalle, 2. — **v. Baeyer**: Ausgewählte Kapitel aus der Physik, 1. — **Regener**: Über die Radioaktivität, mit Experimenten, 1½. — **Hellmann**: Theoretische Meteorologie, 2; Meteorologisches Praktikum, 2; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*. — **Schmidt**: Physik des festen Erdkörpers, 2; Geophysikalisches Kolloquium, 1½ *g*; Das heutige naturwissenschaftliche Weltbild, 1 *g*. — **Leß**: Einführung in die Klimatologie, 1; Über die jeweiligen Witterungsvorgänge, 1 *g*. — **Scheffer**: Angewandte wissenschaftliche Photographie, mit praktischen Übungen, 1. —

E. Fischer: Praktische Übungen im chemischen Institut (mit Gabriel, Pschorr, Diels, F. Fischer, Stähler und Leuchs), tägl. — **Nernst**: Anorganische Chemie, 5; Thermodynamik chemischer Prozesse, 1 *g*; Physiko-chemisches Kolloquium, 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalisch-chemischen Laboratorium: a) anorganisch-chemisches Praktikum (mit Marckwald), tägl., b) physiko-chemische Übungen, 7, c) physiko-chemische Arbeiten (mit v. Wartenberg), tägl. — **van't Hoff**: Ausgewählte Kapitel der allgemeinen Chemie, 1 *g*. — **Wichelhaus**: Technologie für Chemiker, mit Experimenten und Exkursionen, 4, Übungen, tägl.; Anleitung zu chemisch-technischen Untersuchungen, tägl. — **Liebermann**: Organische Chemie II, 5; Praktische Übungen im Laboratorium, tägl. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 4; Chemisch-analytische Übungen im Pharmazeutischen Institut, tägl. — **Biedermann**: Chemie und Technologie der Sprengstoffe, 1 *g*. — **Gabriel**: Organische Experimentalchemie, 5. — **Marckwald**: Stereochemie, 1. — **Rosenheim**: Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer und Koppel), tägl.; Übungen in der Experimentalchemie (mit Koppel), 8; Praktische Übungen in der Gas- und Maßanalyse, 4. — **Traube**: Quantitative chemische Analyse, 1. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 4. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **Emmerling**: Gärungschemie, 1. — **R. J. Meyer**: Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung, 1 *g*. — **Pschorr**: Chemie der Alkaloide, 1. — **Spiegel**: Beziehungen zwischen chemischer Konstitution und physiologischer Wirkung bei Arzneimittel und Giften, 1. — **Neuberg**: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Biochemie, tägl.; Anleitung zur Darstellung organisch-chemischer Präparate: Organisch-chemisches Praktikum, tägl.; Tierchemische Übungen, 6. — **Sachs**: Technisch wichtigste Synthesen der organischen Chemie, 1. — **O. Diels**: Arbeitsmethoden der organischen

Chemie, 1. — **F. Fischer**: Grundzüge der physikalischen Chemie, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie, spezieller Teil: Besprechung der einzelnen Elemente, 1. — **Byk**: Repetitorium der physikalischen Chemie, 1; Physikalische Chemie der photographischen Prozesse, 1. — **Grossmann**: Die Bedeutung der chemischen Technik für das deutsche Wirtschaftsleben, mit Demonstrationen und Exkursionen, 1; Die Versorgung Deutschlands mit industriellen Rohstoffen und die deutschen Kolonien, 1; Übungen in technischer Ökonomik, mit besonderer Berücksichtigung der chemischen Industrie, $1^1/_2$ *g*. — **Löb**: Elektrochemie I, 1; Physikalische Biochemie I, 1 *g*; Physiologisch-chemisches Laboratorium, tägl. — **Köthner**: Periodisches System, 1. — **Mannich**: Qualitative chemische Analyse, unter Berücksichtigung der Methoden des Arzneibuchs, 1; Quantitative chemische Analyse, unter Berücksichtigung der Methoden des Arzneibuchs, 1. — **Hahn**: Chemische Tatsachen und Probleme im Lichte der Radioaktivität, 1. — **v. Wartenberg**: Extreme Temperaturen, 1. — **Stähler**: Angewandte anorganische Chemie, 1. — **Houben**: Chemische Entdeckungen und ihre Geschichte, 1 *g*. — **Weigert**: Wissenschaftliche Grundlagen der Photographie, 1 *g*. — **Lockemann**: Die Theorien der modernen Chemie, 1. — **W. Lenz**: Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, $1^1/_2$. — **Leuchs**: Chemie der Kohlehydrate, 1. —

Schwarz: Über Raumkurven und krumme Flächen, 4; Elliptische Funktionen, 4; Ausgewählte Kapitel der Theorie der analytischen Funktionen, 2 *g*; Mathematische Kolloquien, 14tägig, 2 *g*; Mathematisches Seminar (mit Frobenius und Schottky), 2 *g*. — **Foerster**: Geschichte der neueren Astronomie, 2 *g*; Grundlehren astronomischer Meßkunst, 1 *g*; Polarlicht und Tierkreislicht, 1 *g*. — **Helmert**: Schwerkraft und Erdgestalt, 1; Höhenmessen, 1 *g*. — **Frobenius**: Theorie der Determinanten, 4. — **Schottky**: Elementare Funktionentheorie, 4; Automorphe Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Struve**: Theorie der Satelliten, 3; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, *g*. — **Cohn**: Astronomische Konstanten, 2; Theorie der Beobachtungsfehler: Ausgleichungsrechnung, 2; Seminar für wissenschaftliches Rechnen: Übungen zur Ausgleichungsrechnung, 2 *g*. — **Lehmann-Filhés**: Absolute Störungen nach Hansen, 4; Analyti-che Mechanik, 4. — **Hettner**: Einführung in die Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 2. — **Knoblauch**: Anwendungen der elliptischen Funktionen, 4; Integralrechnung, 4; Ausgewählte Kapitel der Differentialrechnung, 1 *g*. — **Scheiner**: Temperatur der Sonne, 1; Astrophysikalisches Kolloquium, 1 *g*. — **Marcuse**: Theorie und Handhabung geographisch-, nautisch- und aeronautisch-astronomischer Instrumente, mit Übungen und Demonstrationen, $1^1/_2$; Astronomische Geographie und kosmische Physik, $1^1/_2$. — **Schur**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Theorie der algebraischen Gleichungen II, 2. — **Kohlschütter**: Topographische Aufnahmen bei Forschungsreisen, 1, Übungen, 1 Nachm.; Grundzüge der Nautik, 1 *g*. — **Witt**: Allgemeine und Säkularstörungen, 2. —

Technische Hochschule Berlin.

Kurlbaum: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 8. — **F. Dolezalek**: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 8; Physikalische Chemie, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Maßbestimmungen und Meßinstrumente, Übungen, 4. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik I, 2; Elektromagnetismus und Induktion mit besonderer Berücksichtigung der Elektrotechnik, 4; Grundzüge der Elektrochemie, 2. — **Krigar-Menzel**: Allgemeine Mechanik II: Gleichgewicht und Bewegung von elastischen, festen und flüssigen Körpern, 4; Einführung in die kinetische Gastheorie, 2. — **Felgentraeger**: Maß- und Gewichtswesen II, 2. — **Glatzel**: Meßapparate und Meßmethoden der drahtlosen Telegraphie, nebst Demonstrationen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der neueren Physik mit Demonstrationen, 1. — **Gleichen**: Einführung in die medizinische Optik; Ophthalmologie, 2. — **Groß**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der mechanischen Wärmetheorie, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2; Gastheorie, 2; Grundzüge der Energetik, 2. — **Jahn**: Thermodynamik, insbesondere ihre Verwertung für Chemie und Hüttenkunde, mit Übungen, 2. — **Servus**: Geschichte und Entwicklung des photographischen Objektivs, 2; Berechnung von Fernrohr-Objektiven und Geschichte derselben, 2. — — **Zehnder**: Angewandte Physik: Allgemeine Übersicht über technische Betriebe, mit Projektionen und Exkursionen, 2. — **Kaßner**: Wettervorhersage, 1. — **Slaby**: Elektromechanik I, 4, Übungen (mit W. Wedding), 4 Tage. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **Klingenberg**: Projektierung elektrischer Anlagen, 4, Übungen, 2. — **W. Reichel**: Elektromaschinenbau I und II, 4, Übungen, 8; Übungen im Elektrotechnischen Versuchsfelde, 4; Elektrische Kraftanlagen und Bahnen, 2. — **W. Wedding**: Übungen in Elektromechanik, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Beleuchtungstechnik, 2; Enzyklopädische Elektrotechnik mit Experimenten, 2. — **Benischke**: Wechselstromtechnik, 4. — **Breslauer**: Berechnung und Prüfung elektrischer Maschinen nach den in der Praxis herrschenden Gepflogenheiten, 2. — **Franke**: Das Bergwerks-, Feuer- und Unfallmeldewesen, 2. — **Gerstmeyer**: Untersuchung elektrischer Maschinen und Apparate, 2. — **Kallmann**: Betriebstechnik für Elektrizitätswerke und Straßenbahnen, 2; Elektrische Einrichtungen moderner Zentralen und Leitungsnetze, 1. — **Zehme**: Elektrische Stadtschnellbahnen und Vorortsbahnen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen und Festigkeits-Laboratorium, 3; Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik, 2. — **W. Hartmann**: Kinematische Geometrie und theoretische Kinematik, 2; Maschinengetriebe: Anwendungen der Kinematik, 2. — **Leist**: Mechanik I, 4, Übungen, 2; Technik der Kälteerzeugung, 4. —

Erdmann: Experimentalchemie II, 4; Abriß der Experimentalchemie, 2; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. — **Liebermann**: Organische Chemie II: Aromatische Reihe, zyklische Verbindungen, Farbstoffe, Alkaloide usw., 5; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **v. Knorre**: Analytische Chemie: Qualitative Analyse, 2; Praktische Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Angewandte Elektrochemie: Elektrometallurgie, Galvanoplastik und Galvanostegie, quantitative Analyse durch Elektrolyse, 4. — **Miethe**: Spektralanalyse, 2; Photochemie und photomechanische Prozesse, 2; Konstruktionstypen photographisch-optischer Instrumente, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, für Studierende der Photochemie, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Holde**: Untersuchung der Kohlenwasserstoffole und verwandter Produkte: Schmieröle, Treiböle, Leuchtöle, Paraffin, Zeresin, Asphalt usw., 2. — **Traube**: Thermochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Radioaktivität und Elektronentheorie, 1. — **Witt**: Chemische Technologie I, 4; Glas, Keramik, Apparatenkunde, 4; Praktische Arbeiten im technisch-chemischen Institut, tägl. — **Arndt**: Kolloquium über physikalische Chemie, 1; Einführung in die physikalische Chemie, 2; Technische Anwendungen der physikalischen Chemie, 1. — **Binz**: Veredlung der Textilfasern I: Die Rohfasern, Bleicherei, Mercerisation, 1. — **Börnstein**: Verbrennung und Heizung, 1. — **Byk**: Chemie der photographischen Prozesse, 1. — **Hauser**: Einführung in die mathematische Behandlung chemischer Probleme, 2; Kolloquium über anorganische und analytische Chemie, für Anfänger, 2. — **Herzfeld**: Chemie der Ernährung der Kulturpflanzen, 2. — **Hinrichsen**: Chemische Atomistik, Einführung in die theoretischen Grundanschauungen der modernen Naturwissenschaft, 1 *g*. — **Jurisch**: Übungen im Entwerfen von chemischen Anlagen, 4; Luftrecht, 1. — **Kühling**: Stöchiometrie, Theorie und Praxis chemischer Berechnungen II, 1 — **Lehmann**: Die Entwickelung der Farbenphotographie, 1. — **Simonis**: Repetitorium der organischen Chemie, in Form von Kolloquien, 2; Qualitative und quantitative Analyse organischer Verbindungen, 1. — **Stavenhagen**: Einführung in die Experimentalchemie, 2.

— **Ullmann**: Ausgewählte Kapitel aus der Farbenindustrie, 1. — **Voswinckel**: Terpene und Kampfer, 1. — **Wolffenstein**: Analyse und Synthese der organischen Chemie, ausgewählte Kapitel, 2. —

Dziobek: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Mechanik, 4. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Differentialgleichungen, 2. — **Jolles**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Scheffers**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Steinitz**: Niedere Analysis und Algebra, 2; Variationsrechnung, 2; Funktionentheorie II, 2. — **Fuchs**: Unendliche Reihen, 2. — **E. Meyer**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Salkowski**: Vektoranalysis mit Anwendungen auf Mechanik, Potentialtheorie und Elektrizitätslehre, 2. — **Wallenberg**: Repetitorium der höheren Mathematik: Differential- und Integralrechnung, sowie analytische Geometrie I, 2. — **Werner**: Niedere Geodäsie, 4 bzw. 2; Geodätisches Praktikum II, 2; Praktische Übungen im Feldmessen, 4; Planzeichnen, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Akustik, Optik, 6; Repetitorium der Physik, 2; Wärmelehre (Schluß), 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4, für Vorgeschrittene, nach Verabredung. — **Gruner**: Aerodynamische Grundlagen der Luftschiffahrt, 1; Thermodynamik, 3, Übungen, 1; Elektronentheorie I, 2; Vektoranalysis, 1; Physikalisches Kolloquium. —

Kohlschütter: Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl.; Spezielle Chemie der metallischen Elemente, 3; Physikalische Chemie, 2; Analytische Chemie, 2; Praktikum für Gasanalyse (mit Ephraim), 3. — **v. Kostanecki**: Organische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Tambor**: Einführung in die Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Repetitorium der karbo- und heterozyklischen Verbindungen, 1. — **Lampe**: Neuere Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie, 1. — **Mai**: Anorganisch-chemische Arbeiten im Privatlaboratorium; Repetitorium der anorganischen Chemie für Mediziner und Lehramtskandidaten, 2. — **Ephraim**: Repetitorium der anorganischen Chemie für Chemiker, 2; Chemie der seltenen Erden, 1. — **Woker**: Geschichte, Theorie und Anwendungsbereich der Katalyse, 1; Die Fermente, 1; Die Theorien der Physik und Chemie in ihrer Anwendung auf die Biologie, 2. — **Schaffer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel I, 2; Praktikum im Laboratorium für Lebensmitteluntersuchung. —

Graf: Kugelfunktionen II, mit Repetitorium, 3; Besselsche Funktionen I, mit Repetitorium, 3; Integralrechnung mit Repetitorium, 3; Differentialgleichungen, 2; Funktionentheorie, 2; Renten- und Versicherungsrechnung, 2; Mathematisches Seminar (mit Huber), 2. — **Ott**: Algebraische Analysis I, 2; Differentialrechnung, 2; Analytische Geometrie der Ebene I, 2. — **Huber**: Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 2; Theorie der algebraischen Flächen, 3; Theorie und Anwendung der elliptischen Integrale, 2; Kubatur und Komplanation der Flächen, 1; Mathematisches Seminar, geometrische und astronomische Richtung (mit Graf), 1. — **Benteli**: Elemente der darstellenden Geometrie, 4; Praktische Geometrie, mit Übungen auf dem Terrain, 3. — **Crelier**: Synthetische Geometrie: Die Kegelschnitte, 2; Geometrie der Bewegung, 2. — **Moser**: Lebensversicherung; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar, 1—2. — **Bohren**: Die soziale Versicherung und ihre Grundlagen, 2; Die Methode der kleinsten Quadrate, 1. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Laboratorium für Anfänger (mit Eversheim), 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Pflüger**: Wärmetheorie, 4, Übungen, 1 *g*. — **Bucherer**: Vektoranalysis, 2. — **Eversheim**: Spektralanalyse, 2. — **Grebe**: Strahlungserscheinungen, 1 *g*; Elementare Einführung in die Elektronentheorie, 2. — **Bernoulli**: Theorie der Wärmestrahlung, 2. —

Anschütz: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Rimbach, Frerichs und Kippenberger), tägl., für Mediziner (mit Rimbach), tägl. außer Sonnabend. — **Rimbach**: Ausgewählte Kapitel der speziellen anorganischen Chemie II: Seltenere Metalle, 1 *g*; Physikalische Chemie II: Thermochemie und Elektrochemie, 2; Die Hauptanwendungen der Thermodynamik in der Chemie, für Vorgeschrittene, 1 *g*; Analytische Chemie II: Maß-, Gas- und Elektroanalyse, 2; Übungen in physikalisch-chemischen Meßmethoden, 3 *g*; Gasanalytische Übungen (mit Gewecke), 2 *g*. — **Frerichs**: Pharmazeutische Chemie II (organisch), 3, III: Zyklische Verbindungen, 1 *g*; Arzneimittelprüfung, 1; Übungen im Sterilisieren von Arzneimitteln, 1. — **Kippenberger**: Grundzüge der Nahrungsmittelchemie, 2; Chemische Technologie, organischer Teil, ausschließlich der Farbstoffchemie, mit Exkursionen, 2; Besprechung technisch-chemischer Betriebskontrollen, 1 *g*; Einführung in die chemische Großtechnik II: Organisch-chemische Betriebe, mit Exkursionen, 1. — **Laar**: Wissenschaftliche Grundlagen der Photographie I: Aufnahmeverfahren, 1; Wissenschaftlich-photographische Übungen. — **Meerwein**: Höhere aromatische und heterozyklische Kohlenstoffverbindungen, 2; Über Teerfarbstoffe, mit praktischen Übungen, 2. — **Gewecke**: Polarimetrie und Refraktometrie und ihre Anwendungen in der Chemie, mit Übungen, 1; Übungen in einfachen chemischen Unterrichtsversuchen, 2 *g*. — **Mannheim**: Chemie der Drogen und Pflanzenstoffe, für Pharmazeuten, 2; Übungen in Wasser- und Harnanalyse, für Pharmazeuten, tägl. *g*. —

Hausdorff: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen; Behandlung einfacherer Aufgaben für mittlere Semester (mit Hessenberg und J. O. Müller). — **London**: Darstellende Geometrie mit Zeichenübungen, 4; Ausgewählte Kapitel der analytischen Geometrie, 2. — **Study**: Theorie der elliptischen Funktionen, 4. — **Hessenberg**: Grundlagen der Geometrie, 2. — **C. Müller**: Einführung in die Geodäsie, mit Übungen, 2 *g*. — **J. O. Müller**: Zahlentheorie, 3. — **Küstner**: Theorie und Praxis der astronomischen Instrumente, 3; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer); Astronomisches Kolloquium, 1 *g*. — **Mönnichmeyer**: Geographische Ortsbestimmungen, 2 *g*. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Diesselhorst: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Physikalisches Praktikum (mit Rau); Theorie des elektromagnetischen Feldes II, 1; Mechanische Wärmetheorie, 3; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Peukert**: Elektrotechnik, 4; Elektromotoren, 2; Grundzüge der Elektrochemie, 2; Blitzableiter und elektrische Sprengmethoden, 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Koch), 6; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium (mit Koch). — **Brünig**: Elektrotechnische Konstruktionen, 2, Übungen, 2. — **Mosler**: Telegraphie und Telephonie, 2; Die elektrische Ausrüstung der Hebezeuge, 1; Drahtlose Telegraphie, 2; Einführung in die Automobiltechnik, 1. — **Limmer**: Photographische und farbenphotographische Übungen, 4; Einführung in die allgemeine Photographie, 2; Farbenphotographie, 1. —

R. Meyer: Chemische Technologie der Faserstoffe, 1; Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Biehringer und Posner); Chemisches Kolloquium (mit Baur), *g*. — **Biehringer**: Analytische Chemie, 2; Chemisch-technische Rechnungen, 1; Heizstoffe und Kesselspeisewasser, 2, Übun-

gen, 1. — **Baur**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie I, 4; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie (mit Sichling). — **Reinke**: Chemische Technologie II 2, 4; Chemisch-technische Analyse II für Zucker-, Stärke-, Gärungs- und Molkereitechnik, 2; Betriebsstörungen in der Zucker-, Stärke-, Gärungs- und Molkereitechnik, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und landwirtschaftlich-chemische Gewerbe (mit Rinckleben), Seminaristische Übungen, monatlich 2 *g*. — **Beckurts**: Abwässerreinigung, 1; Wasser- und Harnuntersuchung, 1; Pharmazeutische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie (mit Troeger, Frerichs und Emde). — **Troeger**: Analytische Chemie, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 2; Gasanalyse, 1. —

Fricke: Analytische Geometrie und Algebra, 2; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2; Spezielle Kapitel der Funktionentheorie, 2; Vektorentheorie, 2. — **Timerding**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Praktische Analysis, 2; Theoretische Mechanik, 2. — **Wernicke**: Statik starrer und elastisch-fester Körper, 4, Übungen, 2. — **Schlink**: Technische Mechanik I: Statik, 6, Übungen und Repetitionen, 3, III: Hydraulik, 4, Übungen und Repetitionen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie des Brückenbaues, 1. — **Hohenner**: Geodäsie II, 3, Übungen, 1; Grundzüge der sphärischen Astronomie, direkte astronomische Bestimmung der geographischen Koordinaten und des Azimuts, 2, Übungen, 2; Vermessungsübungen I (mit Biersack), 5, II, 9; Planzeichnen (mit Biersack), 2. —

Universität Breslau.

Lummer: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Kolloquium (mit Pringsheim und Schaefer), 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Geübtere (mit Pringsheim und Schaefer), tägl., für Anfänger (mit Schaefer und Waetzmann), 3 oder 6, für Pharmazeuten (mit Schaefer und Waetzmann), 3. — **Pringsheim**: Theoretische Physik IV: Optik, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Schaefer**: Vektoranalysis, 2; Potentialtheorie, 2. — **von dem Borne**: Aerodynamik mit besonderer Berücksichtigung der Luftschiffahrt, 2; Aeronautische Übungen und Besprechungen, *g*. — **Waetzmann**: Einführung in die theoretische Physik II, 2. — **Ladenburg**: Elektrische Entladungen in Gasen mit Experimenten II, 1. — **Sackur**: Radioaktivität mit Experimenten, 1; Kinetische Theorie der Gase und Flüssigkeiten, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3. — **Riesenfeld**: Photographisches Praktikum, 2; Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*. —

Buchner: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 6; Chemisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im chemischen Institut, analytische Abteilung (mit v. Braun), organische Abteilung, ganztägig: Chemische Kurse für Mediziner und Landwirte, 4. — **Gadamer**: Anorganische Experimentalchemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **N. N.**: Physikalische Chemie des Wassers, 1; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Herz**: Die physikalisch-chemischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2; Chemische Atomistik: Atom- und Molekelgewichtsbestimmungen, Periodisches System der Elemente, 1; Anwendung der Maßanalyse, mit besonderer Berücksichtigung des Deutschen Arzneibuches, 1; Grundlagen der Maßanalyse, 1; Besprechungen zur qualitativen Analyse, 1 *g*. — **Loeffler**: Alkaloide, 2. — **Fischer**: Biochemie II, 1. — **Ehrlich**: Die Enzyme und ihre Bedeutung für das Pflanzen- und Tierleben, 1 *g*. —

Rosanes: Algebraische Gleichungen, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 1 *g*. — **Sturm**: Differentialgeometrie, 4; Geometrische Örter höheren Grades, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Kneser**: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 2; Prinzipien der Elementarmathematik, 2; Übungen über Funktionentheorie, 2 *g*. — **Franz**: Geodäsie, 4; Geodätisches und astrophysikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Astrophysik, 2 *g*; Astronomisches Praktikum für Vorgerückte, tägl. — **Schnee**: Differential- und Integralrechnung, 4; Übungen zur Differentialrechnung, 2. —

Universität Czernowitz.

v. Geitler: Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger II, a) für Physiker und Mathematiker, 6, b) für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*; Optik, 2 *g*. — **Radakovic**: Mechanik (Fortsetzung), 5; Seminar für mathematische Physik, 2; Proseminar für mathematische Physik, 2. —

Pomeranz: Allgemeine Chemie II, 5; Pharmazeutische Chemie, 3; Chemische Übungen für Vorgeschrittene, 20, für Anfänger, 15. —

Plemelj: Analytische Geometrie (Fortsetzung), 4; Nichteuklidische Geometrie, 2 *g*; Seminar für Mathematik, 2. — **Hahn**: Lineare Integralgleichungen: Theorie und Anwendungen, 5; Übungen zur Theorie der Differentialgleichungen, 2 *g*. —

Technische Hochschule Danzig.

Wien: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, 4; Kleines physikalisches Praktikum, 4; Großes physikalisches Praktikum, tägl. — **Kalähne**: Einführung in das physikalische Praktikum: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 1; Licht- und Wärmestrahlung, 1 *g*; Photographie und Lichtpausverfahren, 1, Übungen, 3; Arbeiten im photographischen Laboratorium, für Fortgeschrittene, 3. — **Roeßler**: Elektrotechnik I, 4, II, 2; Elektrotechnisches Laboratorium I, 4, II und III, 9; Projektierung elektrischer Anlagen, Übungen, 4; Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen (mit Roth), 1, Übungen, 4. — **Roth**: Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Grix**: Elektrische Bahnen, 2, Übungen, 4; Berechnung elektrischer Leitungsnetze, 2. —

Ruff: Anorganisch-chemische Technologie I oder II, 3, III: Technische Elektrochemie, 1, Praktikum, tägl.; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Praktikum im elektrochemischen Laboratorium, tägl. — **Wohl**: Organisch-chemische Technologie I, 4, II, 4; Untersuchung von Heizstoffen und Gasanalyse, Übungen, 3; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Kurse für Gärungsgewerbe; Praktikum im Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe, tägl. — **Krüger**: Physikalische Chemie I und II, 3; Physikalisch-chemisches Praktikum I und II, 4. — **Plato**: Qualitative chemische Analyse, 2. —

v. Mangoldt: Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 1; Einführung in die höhere Mathematik, 5. — **Lorenz**: Einführuog in die Mechanik, 4, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, 2 *g*. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 3. — **Sommer**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 1; Synthetische Geometrie, 2 *g*. — **Pröll**: Anleitung zur Behandlung mechanischer Aufgaben, 1, Übungen, 2; Theorie der Propeller für Wasser- und Luftfahrzeuge, 1. — **Eggert**: Geodäsie I, 2, II, 2; Praktische Übungen im Feldmessen, 4; Geodätisches Praktikum I und II, 2; Geographische Ortsbestimmung, 2. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrostatik, Elektrische Ströme, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeißig), 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik (mit Zeißig); Theoretische Elektrizitätslehre, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Zeißig), 1 *g*. — **Zeißig**: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrostatik, Elektrische Ströme, 4, Repetitorium, 1. — **Meisel**: Theorie der optischen Instrumente II, 2; Populäre Astronomie, 2. — **Fritsch**: Photographische Übungen mit einleitenden Vorträgen, 2; Einführung in die Elektronentheorie, 1 *g*. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II: Theorie und prak-

tische Verwendung von Gleich- und Wechselstrommaschinen, 4, Übungen (mit Petersen), 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Wirtz und Sengel), tägl.; Selbständige Arbeiten für vorgeschrittenere Studierende (Praktikum III); Übungen im Hochspannungslaboratorium (mit Petersen), 2. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I: Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Meßkunde I: Elektrotechnische Meßinstrumente und Meßmethoden, 2; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 2; Radiotelegraphisches Praktikum, ½ Tag. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 3, Übungen, 3; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2; Grundzüge der Elektrotechnik, 2. — **Petersen**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Gleichstrom- und Wechselstromtechnik, 1; Grundzüge der Hochspannungstechnik, 1. — **Goldschmidt**: Elektrischer Antrieb von Hebemaschinen und industrielle elektrische Betriebe, 2; Referate aus elektrotechnischen Fachblättern, Kolloquium, 1 *g*. —

Staedel: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum (mit Kolb, D'Ans und Schaeffer), tägl. außer Sonnabend. — **Finger**: Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Harnsäure, 2; Teerfarbstoffe, 4; Praktikum im Laboratorium für organische Chemie (mit Schwalbe), tägl. außer Sonnabend; Farbstoff- und Färberei-Praktikum (mit Schwalbe). — **Kolb**: Elemente der Agrikulturchemie, 3; Analytische Chemie I, 2; Methoden der organischen Analyse, 1; Kolloquium über anorganische Chemie, 1. — **Schwalbe**: Chemische Technologie der Gespinstfasern: Bleicherei, Färberei, Zeugdruck, 1; Synthese und Konstitutionsermittelung organischer Stoffe, 1 *g*; Organisch-chemisches Praktikum; Färberei-Praktikum. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 2, Organischer Teil, Repetitorium, 1; Ausmittelung der Gifte, 1. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 2; Metallurgie, 2; Elektrochemisches Kolloquium (mit Neumann), 1 *g*; Chemisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend; Elektrochemisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend; Chemisch-technisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend. — **Neumann**: Brennstoffe, Verbrennungsvorgänge, Heiz- und Kraftgase und deren Untersuchung, 1, Übung, 1; Hüttenmännische Probierkunst, mit Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie, 1. — **Moldenhauer**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Elektrochemie, 1 *g*; Elektrochemische Übungen, 3 *g*; Die Methoden der chemisch-technischen Analyse, 1 *g*. — **Vaubel**: Theoretische Chemie II, 2, Übungen, 3; Stöchiometrische Berechnungen, 1; Die maschinellen Hilfsmittel der chemischen Technik, 1½; Photochemie, 1. — **D'Ans**: Physikalische Chemie der Gase, 1; Chemie in Mineralogie und Geologie, 1. —

Graefe: Repetitorium der Elementar-Mathematik, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik, 3, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der höheren Mathematik, 2. — **Horn**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 5, Übungen, 3; Partielle Differentialgleichungen der Physik und Technik, 3. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 5, Übungen, 4, II, 2, Übungen, 1. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Binäre Formen in geometrischer Behandlung, 2—3; Arbeiten im mathematischen Institut (mit Gay), 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Geometrie der Bewegung, 3. — **N. N.**: Geodäsie, 4; Geodätische Übungen I, 8; Ausarbeitung der geodätischen Vermessungen A, 4; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Gast**: Geodätische Übungen II, 8; Ausarbeitung der geodätischen Vermessungen B, 2; Planzeichnen, 4. — **Gasser**: Katastertechnische Berechnungen, 1 *g*; Aeronautik, 2. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen (mit Graefe), 2; Mechanik I, 6; Hydrodynamik, 1; Reine Kinematik, 2. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik II: Elektrizität II Optik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Toepler), 1, 6 oder 3, II, einschließlich Laboratoriumstechnik, für Fortgeschrittene, 9; Praktikum für größere physikalische Arbeiten (mit Toepler), 20. — **Toepler**: Einleitung in die Theorie der elastischen Schwingungen und der Akustik, 2. — **Dember**: Beziehungen zwischen Elektrizität, Magnetismus und Licht (vom Standpunkte der Elektronentheorie), 1. — **Luther**: Photochemie, 1; Anwendungen der Photographie in Wissenschaft und Technik, 1; Photographisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, 4 und 8. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik I, 3; Theorie des Wechselstromes I, 4; Starkstromanlagen I, 2, Übungen (mit Brion), 2; Elektrotechnisches Praktikum für Anfänger, 4; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 8; Größere elektrotechnische Spezialarbeiten, Übungen, 20. — **Kübler**: Elektromaschinenbau I: Elektrotechnische Konstruktionselemente, normale Transformatoren, Dynamos und Motoren, 2, III: Übertragung elektrischer Arbeit auf Fahrzeuge und ortsfeste Anlagen einschließlich der Vorrichtungen für Verteilung und Regelung, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 12 und 4. — **Ulbricht**: Eisenbahnsignalwesen und elektrische Eisenbahneinrichtungen, 3 *g*. — **Brion**: Ausgewählte Kapitel aus der Hochspannungstechnik, mit Demonstrationen, 2. —

Hempel: Experimentalchemie (anorganische), 6; Anorganisch-chemisches Praktikum: Qualitative Analyse, 12, Quantitative Analyse, technische Titriermethoden, Gasanalyse, tägl. außer Sonnabend. — **v. Meyer**: Organisch-technische Chemie: Chemische Technologie der Fette und Öle (Seife, Kerzen, Glyzerin), Sprengstoffe, Lederbereitung u. a., 3; Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **F. Foerster**: Physikalische Chemie I, zugleich Einführung in die Elektrochemie, 3, II (Fortsetzung), 1 *g*; Elektrische Öfen, 2; Praktikum für Elektrochemie, 12; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Möhlau**: Chemie und chemische Technologie der organischen Farbstoffe, 5; Praktikum für Farbenchemie bzw. für Färbereitechnik, tägl. außer Sonnabend. — **Renk**: Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 1; Gewerbehygiene, 2; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genußmitteln, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, tägl. außer Sonnabend; Hygienisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **v. Walther**: Organisch-chemische Arbeitsmethoden, 1; Wichtige Theorien der organischen Chemie, 1. — **Dietz**: Die chemische Technologie der Mörtel und Zemente, 1; Die chemische Technologie des Glases, 1. — **Lottermoser**: Experimentalchemie der Kolloide, 1. — **König**: Chemie der Azo- und Diazoverbindungen, 1. — **Thiele**: Erzeugung von Licht, 1. —

Helm: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 2; Elektrodynamik nach ihrer historischen Entwickelung, 2; Versicherungstechnisches Seminar, 1 *g*, Übungen, 2 *g*. — **Krause**: Höhere Mathematik III, 3, Seminaristische Übungen (mit Naetsch), 14tägig, 1; Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Ludwig**: Darstellende Geometrie II, 3, Übungen, 4; Analytische Geometrie der Kegelschnitte, 3. — **Naetsch**: Sphärische Trigonometrie, 2; Einleitung in die Theorie der ganzen Zahlen, 2. — **Heger**: Raumakustik, 1. — **Pattenhausen**: Methode der kleinsten Quadrate, 2, Seminaristische Übungen, 1; Höhere Geodäsie I, 2, Seminaristische Übungen, 1; Sphärische Astronomie I, 2, Seminaristische Übungen, 1; Vorübungen zum Planzeichnen für Vermessungsingenieure: Schriftzeichnen, 2; Planzeichnen II, Übungen, 2 und 4; Skizzieren geodätischer Instrumente, 2; Triangulierungsübungen, 4; Katastervermessungsübungen, 2; Geodätisches Praktikum I, 4, II, 4, für Architekten, 4, für Feldmesserkandidaten, 8; Größere Terrainaufnahmen, 2 Wochen. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik II: Wärme, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Phy-

sikalisches Halbpraktikum, 20; Physikalisches Vollpraktikum, 40. — **Reiger**: Elastizität, Hydrodynamik und Akustik, 2; Elektrotechnik, mit Übungen, 2; Übungen zur theoretischen Physik, 1 *g*. —

Fischer: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Chemischen Laboratorium (mit Busch): a) Analytisch-chemische Übungen, 20, b) Vollpraktikum, 40; Praktikum für Mediziner (mit Gutbier), 4. — **Paal**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Ausmittelung von Giften, 1; Ausgewählte Kapitel der physiologisch-chemischen Analyse, 1; Chemisches Praktikum, tägl.; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum I, 16, II, 20; Physiologisch-chemisches Praktikum: Harnanalyse usw., 3; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungs- und Genußmittel, tägl. — **Busch**: Qualitative und quantitative chemische Analyse II: Metalloide, 2; Technische Chemie: Anorganische Großindustrie, mit Exkursionen, 2. — **Henrich**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 2; Geschichte der Chemie, 1; Darstellung organischer Präparate auf elektrochemischem Wege, 2; Anleitung zur Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Untersuchungen, tägl. *g*. — **Gutbier**: Chemisches Seminar für Chemiker und Pharmazeuten, 2; Übungen in Experimentalvorträgen für Lehramtskandidaten, 1 *g*; Photographie, für Studierende aller Fakultäten, 1; Photographische Exkursionen, 1 Vormittag *g*. — **Jordis**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie (Fortsetzung), 1. —

Noether: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Differentialgeometrie, 4; Mathematische Übungen, *g*; Vorträge und Übungen über darstellende Geometrie, 4 *g*. — **Schmidt**: Integralrechnung, 4; Zahlentheorie, 4; Übungen, 3 *g*. —

Physikalischer Verein Frankfurt a. M.

Wachsmuth: Experimentalphysik: Wärmelehre, 1; Grundlagen der Elektrostatik, 1; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, $1^1/_2$; Kleines physikalisches Praktikum für Anfänger, 8; Großes physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl. — **Linke**: Das Klima der deutschen Kolonien, 1; Übungen in meteorologischen und geophysikalischen Messungen, 2. — **Déguisne**: Einführung in die Elektrotechnik II: Wechselstrom, 2; Einführungskurs zum kleinen elektrotechnischen Praktikum (mit Hoener), 8; Kleines elektrotechnisches Praktikum für Anfänger, 8; Großes elektrotechnisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl. — **Seddig**: Strahlung und die Methoden ihrer Messung, 1; Praktikum der wissenschaftlichen Photographie, 4. —

Freund: Anorganische Experimentalchemie mit spezieller Berücksichtigung der Technologie II: Metalle, 2; Chemisches Kolloquium über neuere chemische Literatur, 14tägig, $1^1/_2$; Kleines chemisches Praktikum, 8; Großes chemisches Praktikum, tägl.; Färbereichemisches Praktikum (mit Mayer), 2. — **Lorenz**: Einführung in die physikalische Chemie, 2; Phasenlehre und Metallographie, 1; Kleines Praktikum der physikalischen Chemie und Elektrochemie, 8; Großes Praktikum der physikalischen Chemie und Elektrochemie, tägl. — **Mayer**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Chemie, 1. — **Becker**: Angewandte Chemie und Bakteriologie in Industrie, Handel und Gewerbe, Chemisch-technische Warenkunde, Ausgewählte Kapitel der kolonialen Technik, 2; Besichtigungen technisch interessanter Anstalten, 1 Nachmittag; Kleines chemisches Praktikum, 5. —

Brendel: Differentialgleichungen, mit Übungen, 3; Übungen zur geographischen Ortsbestimmung (mit Brill), 4. —

Universität Freiburg i. Br.

Himstedt: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Optik, Elektrooptik, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Königsberger und Reinganum), 1 bzw. 2 Nachmittage; Übungen im Experimentieren und in der Vorführung von Demonstrationsversuchen (mit Gaede), 3 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Königsberger**: Theoretische Physik: Anwendung partieller Differentialgleichungen in der Physik, 3, Übungen, 1; Elektrische und magnetische Erscheinungen in der Geophysik, mit Experimenten, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Reinganum**: Grundlagen der mechanischen Wärmetheorie, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Gaede**: Entladung der Elektrizität in Gasen, 1. — **Meyer**: Radioaktivität, 1; Physikalische Chemie, 2; Theorie der elektromotorischen Kräfte, 1; Photographie mit praktischen Übungen und Demonstrationen (mit Trautz), 2; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 1 Vormittag; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten. — **N. N.**: Photochemie III: Chemische Lichtwirkungen, 3. —

Gattermann: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt, Fromm, Meigen und Riesenfeld), tägl. außer Sonnabend; Übungen im Experimentieren und Vorträgen, 2 *g*; Chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Willgerodt**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Organische Technologie mit Exkursionen, 2. — **Edinger**: Einführung in die organischen Arbeitsmethoden, 2. — **Fromm**: Übungen im Färben von Gespinstfasern, 3; Repetitorium der organischen Chemie für Mediziner, 2, Repetition, 1. — **Meigen**: Quantitative Analyse, systematischer Teil, 2; Gasanalytisches Praktikum, 2. — **Riesenfeld**: Qualitative Analyse, mit Berücksichtigung der Spektral- und Mikroanalyse, 3; Einführung in die chemische Thermodynamik, 1. —

Lüroth: Integralrechnung, $4^1/_2$, Übungen, 2 *g*. — **Stickelberger**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen; Funktionentheorie, 3. — **Loewy**: Theorie und Anwendung der Determinanten, 3; Einführung in die höhere Mathematik mit Anwendungen auf Fragen der Naturwissenschaften, 3; Theorie der sozialen Versicherungen, 2. — **Seith**: Praktische Geometrie, 2, Übungen im Felde, 2 *g*. —

Universität Gießen.

König: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, $4^1/_2$, Mathematische Ergänzungen, 1; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Naturwissenschafter, 6 (für Vorgeschrittene nach Verabredung), für Chemiker, Mediziner und Pharmazeuten, 3; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Fromme), 2. — **Fromme**: Theoretische Elektrizitätslehre, 5; Niedere Geodäsie, 3, Übungen, 1 Nachmittag; Meteorologie, 2. — **Schmidt**: Das Mikroskop und seine Bedeutung für optische Untersuchungen, 2; Einführung in die mathematische Behandlung physikalischer Fragen, 1; Arbeiten für Vorgeschrittene aus dem Gebiete der Elektronenlehre, ganz- und halbtägig. — **Noack**: Physikalisches Praktikum für Handfertigkeit, mit Experimentierübungen, 9. — **Uller**: Theorie der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, 1. —

Naumann: Organische Experimentalchemie, $5^1/_4$; Physikalische Chemie (Molekül, Atomgewichtszahlen, Gasgesetz, Massenwirkungsgesetz), mit Anwendungen auf technische Chemie und Übungen in Berechnungen, $1^3/_4$; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium (mit Feist), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Möser**: Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2. — **Feist**: Pharmazeutisch-chemische Präparate, anorganischer Teil, 2; Chemie der menschlichen Nahrungsmittel, mit Exkursionen, 1; Die wichtigsten Gesetze für Apotheker und Nahrungsmittelchemiker, 1. — **v. Liebig**: Chemie der Pflanzenstoffe V, 1; Grundanschauungen der Chemie in ihrer geschichtlichen Entwicklung, 1 *g*. — **Beschke**: Die Chemie der Verbindungen mit offener Kohlenstoffkette, 2. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl., für Landwirte, tägl. außer Sonnabend; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner (mit Brand), 5; Chemisches Kolloquium, $1^1/_2$ *g*; Anorganische Experimentalchemie, $5^1/_4$; Elektrochemie II: Spezielle Elektrochemie, 1. — **Brand**: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie, 1; Neuere Ansichten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 1. — **Thomae**: Kolloidchemie und Ultramikroskopie, 1; Justus Liebig und seine Gießener Zeit, 1 *g*. —

Pasch: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Beson-

dere Teile der Funktionentheorie, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 1. — **Netto**: Elemente der Algebra, 4; Differentialgeometrie, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 1. — **Graßmann**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4; Darstellende Geometrie II, 5; Übungen im mathematischen Seminar, 14tägig, 1. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik und Optik, 3; Praktische Übungen im physikalischen Institute (mit Voigt, Simon, Bestelmeyer, Rümelin, Madelung, Försterling und Busch), 8; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. außer Sonnabend; im Seminar: Ausgewählte Teile der Mechanik, 1 *g*. — **Voigt**: Optik, 4, im Seminar: Übungen, 1 *g*; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. außer Sonnabend. — **Wiechert**: Vermessungswesen, praktischer Teil: Feldmessung, mit Übungen im Gelände, 4; Meteorologie, Luftelektrizität und Bewegungen des Wassers, 4; Wetter und Wettervorhersage, 1 *g*; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der Geonomie: Geodäsie und Geophysik, 1; Geophysikalisches Praktikum, *g*. — **Prandtl**: Einführung in die Thermodynamik, 3; Mechanikpraktikum für Anfänger, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Mechanik und Wärmelehre, tägl. außer Sonnabend; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über die Theorie der kleinen Schwingungen und der Stabilität von Bewegungen, mit besonderer Anwendung auf die Bewegung der Luftfahrzeuge (mit Runge), 2 *g*; Thermodynamisches Praktikum, 3. — **Simon**: Glüh- und lichtelektrische Erscheinungen, 2; Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen auf dem Gebiete der angewandten Elektrizität, tägl.; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über ausgewählte Fragen der angewandten Elektrizität, 2 *g*; Elektrotechnisches Praktikum, 3. — **Born**: Elektronentheorie, 4. — **Bestelmeyer**: Praktikum der Elektronik und Radioaktivität (mit Madelung), 4. — **N. N.**: Übungen in der Selbstanfertigung und Handhabung von Demonstrationsapparaten, 3 oder 6. —

Wallach: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen im Laboratorium (mit Polstorff, Kötz und Borsche): Voll- und Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4 Nachmittage; Besprechung der wissenschaftlichen Arbeiten der Fortgeschritteneren, tägl. *g*. — **Tammann**: Elektrochemie, 3; Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger (mit Levin), 4 Wochen; Physikalisch-chemische Arbeiten, ganz- und halbtägig; Kolloquium, 1 *g*. — **Polstorff**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 4; Gerichtlich chemische Analyse, 2; Chemisches Kolloquium für Pharmazeuten, 1 *g*. — **Fischer**: Allgemeine chemische Technologie mit Exkursionen, 2 Tage; Erklärung der chemisch-technologischen Sammlung, *g*; Technische Gasanalyse und Untersuchung der Brennstoffe, *g*. — **Zsigmondy**: Anorganische Kolloide, 1 *g*; Ausgewählte Kapitel aus der anorganischen Chemie, 1; Praktikum der anorganischen Chemie für Vorgeschrittene, ganz- und halbtägig; Praktikum der Kolloidchemie, 2. — **Kötz**: Einführung in die Chemie, 3; Prinzipien und Theorien analytischer und anorganischer Prozesse, 1; Chemische Tagesfragen, 1; Chemie des Stickstoffes II: Eiweißkörper, 1; Seminaristische Übungen in Chemie für Lehramtskandidaten, 1 *g*; Exkursionen zur Kenntnis der chemischen Technologie für Lehramtskandidaten, *g*. — **Coehn**: Photochemie und Spektralanalyse, mit Demonstrationen, 1; Photographisches Praktikum für Anfänger, 3; Photochemische Arbeiten, ganz- und halbtägig. — **Borsche**: Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Färbereichemische Übungen, 3; Organisch-chemisches Repetitorium für Fortgeschrittenere, 1. — **Levin**: Physikalische Chemie der Metallegierungen, 1. —

Klein: Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie, 4; im Seminar: Vorträge aus dem Grenzgebiet von Mathematik und Philosophie, 2. — **Hilbert**: Elemente und Prinzipienfragen der Mathematik, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 2; im Seminar: Vorträge der Mitglieder aus dem Gebiet der Zahlentheorie (mit Landau), 2 *g*. — **Runge**: Analytische Geometrie, 4, Übungen, 2. — **Landau**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Funktionentheorie: Elliptische Modulfunktionen und Picardscher Satz, 2; Über den Fermatschen Satz, 1 *g*. — **Hurtmann**: Allgemeine Astrophysik, 2; Astrophysikalisches Praktikum, 2; Leitung astrophysikalischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. — **Ambronn**: Populäre Astronomie, 1 *g*; Sphärische Astronomie, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 4—5; Leitung astronomischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. — **Bernstein**: Quadratischer und relativquadratischer Zahlkörper, 2; Versicherungsrechnung, 2, Übungen, 2 *g*. — **Koebe**: Einleitung in die synthetische Geometrie, 2; Riemannsche Funktionentheorie, 4. — **Toeplitz**: Einführung in die Theorie der Integralgleichungen und unendlich vielen Variablen, 4. — **N. N.**: Differentialgleichungen, 4; Mathematische Übungen für mittlere Semester (mit Toeplitz und Born), 2. — **Müller**: Die Mathematik bei Archimedes, 1; Übungen zur Mechanik der Punkte und starren Systeme, 2. —

Universität Graz.

Pfaundler: Experimentalphysik II, 4; Physikalische Übungen I, 6 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Benndorf), tägl. außer Sonnabend *g*. — **Waßmuth**: Mechanik nichtstarrer Körper: Elastizitätstheorie, Akustik, Hydrodynamik, 5; Übungen im Seminar für mathematische Physik, 3 *g*. — **Benndorf**: Aerodynamik mit besonderer Berücksichtigung der Flugtechnik, 3; Übungen im physikalischen Rechnen, 2; Physikalische Übungen II, 8 *g*. — **Streintz**: Elektrochemie (Fortsetzung), 2. —

Scholl: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4, für Vorgeschrittene, tägl.; Stereochemie, 1 *g*. — **Schrötter**: Chemie der zyklischen Verbindungen I: Aromatische Verbindungen, 4. — **Kremann**: Physikalische Chemie IV: Chemische Kinetik, 2; Maßanalyse, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der physikalischen Chemie, tägl. — **v. Hemmelmayr**: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie; Technologie des Wassers und der Brennstoffe, 2. —

Dantscher v. Kollesberg: Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Daublebsky v Sterneck**: Grundzüge der analytischen Geometrie (Fortsetzung), 2; Differentialgeometrie, 3; Elementarmathematik II, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Streißler**: Darstellende Geometrie II, 3. — **Hillebrand**: Definitive Bahnbestimmung, 3; Theorie der speziellen Störungen, 2. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik, 5; Elektrotechnik, 3, Übungen, 8. — **Streintz**: Wärmelehre, 3; Der Bleiakkumulator und das Akkumulatorproblem, 1½. —

Emich: Organische Chemie I, 5; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium. — **Andreasch**: Qualitative chemische Analyse, 2, Laboratoriums-Unterricht und Übungen, 16; Chemische Technologie der organischen Stoffe: Technologie der Fette und Mineralöle, 4; Laboratoriumsunterricht und Übungen, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie und der chemischen Technologie organischer Stoffe. — **B. Reinitzer**: Quantitative chemische Analyse, 2; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der chemischen Maßanalyse, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 4; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der Darstellung anorganisch-chemischer Präparate, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie und der chemischen Technologie anorganischer Stoffe. — **Fuhrmann**: Chemie

der Nährungs- und Genußmittel, 3; Praktische Photographie, 4 Wochen. —

Hočevar: Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Stelzel**: Elemente der höheren Mathematik, 4. — **Peithner v. Lichtenfels**: Mathematik II, 3, Übungen, 2. — **Schüßler**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 6, Seminarübungen, 2; Projektive Geometrie I, 2, Übungen, 1, II, 2. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik II: Statik, 4, Übungen, 3 und 2; Technische Mechanik II, 3. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätische Feldübungen, 4; Sphärische Astronomie, 2; Katastervermessung, 3, Übungen, 9. —

Universität Greifswald.

Mie: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 4, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Physikalische Experimentierübungen I: Handfertigkeitsübungen (mit Herweg), 2; Besprechungen neuerer physikalischer Arbeiten (mit Starke), 2 *g*. — **Holtz**: Galvanische Elektrizität, 1; Physik der Erde und der Gewässer, 1 *g*. — **Starke**: Theoretische Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 2. — **Schreber**: Physikalische Experimentierübungen II: Übungen im Zusammenbauen und Demonstrieren physikalischer Apparate, 2; Die absoluten Maße, 1; Die wissenschaftlichen Grundlagen von Luftschiffahrt und Flugtechnik, *g*. — **Herweg**: Elektrische Schwingungen, drahtlose Telegraphie und Telephonie, mit Experimenten, 1. —

Auwers: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum (für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker [mit Scholtz]), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner (mit Strecker), $3^1/_2$, Erläuterungen, $^1/_2$ *g*. — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Sterilisationskursus für Pharmazeuten, 2; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g*. — **Roth**: Mathematik für Chemiker mit Übungen, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, $7^1/_2$; Der Satz von der Erhaltung der Energie, seine Geschichte, Anwendungen auf die Chemie, 1 *g*. — **Posner**: Die Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 2; Chemische Technologie I: Anorganische Stoffe, 2, mit Exkursionen, *g*. — **Strecker**: Spezielle anorganische Chemie II: Metalle, 2; Titrieranalyse, 1; Gasanalytisches Praktikum, 3. —

Thomé: Theorie der analytischen und besonders der elliptischen Funktionen I, 4; Algebraische Flächen und Raumkurven, 2 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Engel**: Differential- und Integralrechnung I, 4; Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 4, Übungen, $1^1/_2$ *g*; Analytische Geometrie des Raumes, 2 *g*. — **Vahlen**: Differentialgeometrie II, 3, Übungen, 1 *g*; Einführung in die Geodäsie, 2 *g*. —

Universität Halle.

Dorn: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Licht, 4; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6, b) Halbpraktikum, 3, c) Arbeiten von Geübten, tägl.; Elektromagnetische Theorie des Lichtes, 2 *g*. — **Schmidt**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Übungen über elektrische Schwingungen, *g*; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. —

Vorländer: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (in der pharmazeutischen Abteilung [mit Schulze]), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Schulze), 4; Spezielle Kapitel der organischen Chemie, 1 *g*. — **Schulze**: Darstellung und Prüfung der Arzneimittel I, 2; Die chemische Untersuchung der Drogen und galenischen Präparate, 1 *g*. — **Baumert**: Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Die wichtigsten Lebensmittel und deren Verfälschungen, 1 *g*. — **Erdmann**: Chemische Technologie I: Wärme- und Kälteerzeugung, Kohle, Salz, chemische Großindustrie, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend; Praktikum zur Einführung in die organische Farbenchemie und Färbereitechnik, 4. — **Tubandt**: Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, für Anfänger, 6. —

Cantor: Zahlentheorie, 5; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Wangerin**: Theorie des Potentials und der Kugelfunktionen, 5; Elemente der analytischen Geometrie der Ebene, 2; Analytische Geometrie des Raumes, 3; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Gutzmer**: Differentialrechnung, mit Übungen, 5; Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Eberhard**: Algebraische Gleichungen, 4; Mathematisches Kolloquium, 1 *g*. — **Buchholz**: Sphärische Astronomie und geographische Ortsbestimmung, 2; Praktische Übungen in geographischer Ortsbestimmung mit Theodoliten und Sextanten, 2 *g*. —

Technische Hochschule Hannover.

Precht: Experimentalphysik: Magnetismus und Elektrizität, 4; Mechanische Wärmetheorie, 2; Arbeiten im Laboratorium der Physik (mit Valentiner), 4. — **Valentiner**: Photographie, mit Übungen, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Beckmann, Brückmann und Kempe), 8, II, III, 8. — **Heim**: Elektrische Anlagen II (mit Gosch), 3, Übungen, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen und Transformatoren (mit Gosch), 3, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, 2; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger I, 1; Elektrotechnische Meßkunde I 1, 2, II, 1; Die Wicklungen der elektrischen Maschinen, 1 *g*. — **Brückmann**: Gleichrichter zur Umformung von Wechselstrom in Gleichstrom, 1 *g*. —

Seubert: Grundzüge der Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Lambrecht und Kircher), tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler**: Maßanalyse, 2. — **Behrend**: Physikalische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Decker und Grohmann), tägl. außer Sonnabend. — **Keiser**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Jänecke**: Die Legierungen des Eisens, 1; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. — **Ost**: Chemische Technologie II, 3; Mineralöle und Fette, auch Torfverwertung, 2; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Schliemann), tägl. außer Sonnabend. — **Bodenstein**: Grundzüge der technischen Elektrochemie, 2; Elektrochemische Übungen (mit Meinecke), 4; Arbeiten im elektrochemischen Institut (mit Meinecke), tägl. außer Sonnabend; Übungen in der Elektroanalyse (mit Meinecke), 7. —

Kiepert: Höhere Mathematik II, 5, Übungen, 1, Repetition, 1; Theorie und Anwendung der Differentialgleichungen, 3; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Theorie und Anwendungen der elliptischen Funktionen, 3. — **Caratheodory**: Höhere Mathematik I A, 6, Übungen, 2, II, 3, Übungen, 1. — **Wieghardt**: Grundzüge der höheren Mathematik, 3, Übung, 1; Ausgewählte Kapitel der Elastizitätslehre, 1; Über die für die technische Mechanik wichtigen Differentialgleichungen, 1. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie I (mit Richter und Pabst), 3, Übungen, 6. — **Oertel**: Grundzüge der praktischen Geometrie (mit Petzold), 2, Übungen, 3; Praktische Geometrie, Planzeichnen (mit Petzold), 4; Geodäsie I: Praktische Geometrie (mit Petzold), 2, Übungen, 6; Grundzüge der astronomischen Ortsbestimmung, 2. — **Petzold**: Sphärische Trigonometrie mit Anwendungen auf die Geodäsie und die Grundzüge der sphärischen Astronomie, 1. —

Universität Heidelberg.

Lenard: Experimentalphysik: Optik, Elektrizität und Magnetismus, 4; Physikalisches Praktikum (mit Becker),

6; Übungen und wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener im physikalischen Laboratorium, 35; Physikalisches Kolloquium und Seminar, 1 *g*. — **Pockels**: Einleitung in die Mechanik, insbesondere der deformierbaren Körper: Hydrodynamik, Elastizität, Akustik, 4; Theoretisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Becker**: Radioaktivität mit Demonstrationen, 2; Überblick über die Theorien der Elektrizität, 1. — **Ebler**: Radioaktivität und radioaktive Substanzen, 1. — **Driesch**: Philosophie der organischen Natur, 2. — **Ramsauer**: Mathematische und historische Erläuterungen zur Experimentalphysik: Optik, Elektrizität und Magnetismus, 2; Geschichte der Physik, 1. —

Curtius: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4; Chemisches Anfänger-Praktikum für Mediziner, 4. — **Brühl**: Anorganische Chemie, 6; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Jannasch**: Titrieranalyse, 2; Ausmittelung der Gifte, 1; Gasanalytisches Praktikum (mit **Franzen**), 3; Chemisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 4. — **Knoevenagel**: Chemische Technologie (organische Prozesse), mit Ausflügen, 2; Praktische Anwendung organischer Farbstoffe in der Färberei und Druckerei der Textilfasern. — **Trautz**: Physikalische Chemie II, 3; Elemente der Phasenlehre und ihrer Anwendungen, zur Einführung, 3; Theoretische Übungen in physikalischer Chemie, für Anfänger, 1 *g*, für Vorgeschrittene, 1 *g*; Praktische Einführung in die physikalische Chemie und Elektrochemie, 4—6 Wochen. — **Krafft**: Anorganische Chemie, 4; Praktisch-chemische Arbeiten und Übungen im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Anfänger. — **Dittrich**: Quantitative Analyse durch Elektroanalyse, mit Übungen, 1; Chemisches Praktikum für Anfänger und Nichtchemiker sowie für Vorgeschrittenere, mit Übungen im Experimentieren, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum in analytischer und organischer Chemie, 4 Wochen in den Osterferien. — **Stollé**: Qualitative Analyse, 2; Pharmazeutische Chemie I, anorganischer Teil, 2; Analytische Methoden der organischen Chemie, 1. — **Mohr**: Pyridinderivate und Alkaloide, 1. — **Darapsky**: Heterozyklische Verbindungen, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Franzen**: Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1; Biochemie II: Gärungschemie I: Allgemeine Einleitung in die Bakteriologie, 2; Spezielle Gärungsprozesse, 2; Praktische Einführung in die Bakteriologie und Gärungschemie. — **Muckermann**: Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde (als Kolloquium), 2; Über neuere Arzneimittel, 1. — **Müller**: Komprimierte und verflüssigte Gase und ihre Anwendungen in der Chemie, 1. —

Königsberger: Differential- und Integralrechnung I, 4; Theorie der Linien und Flächen, 4; Übungen im mathematischen Unter- und Oberseminar, 2. — **Wolf**: Elemente der Meteorologie, 2 *g*; Ebbe und Flut, 1 *g*. — **Cantor**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Politische Arithmetik, 2. — **Koehler**: Darstellende Geometrie, mit Übungen, 4. — **Boehm**: Vektoranalysis mit Anwendungen auf Geometrie und Mechanik, 4; Partielle Differentialgleichungen, 2. — **Bopp**: Bestimmte Integrale, 2. — **Kopff**: Grundzüge der Bahnbestimmung II, 1, Übungen, 1 *g*. — **Hertz**: Mengenlehre, 2. —

Universität Innsbruck.

Czermak: Akustik, 2; Praktische Übungen für Anfänger, 5, für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **v. Lerch**: Experimentalphysik II, 5; Praktische Übungen für Mediziner, 2 *g*. — **Tumlirz**: Theoretische Mechanik, 5; Die physikalischen Beweise für die Achsendrehung der Erde, 1 *g*; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **Hammerl**: Elektrische Energieverteilung: Licht und Kraft, Hochspannungsanlagen, elektrische Bahnen, 2 *g*. — **v. Ficker**: Einleitung in die Klimatologie II: Spezielle Klimatographie, 1; Die Wetterverhältnisse der Alpen, 1 *g*. —

Brunner: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen für Chemiker und Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend, für Lehramtskandidaten, halbtägig; Chemische Übungen für Mediziner, 6. — **Hopfgartner**: Pharmazeutische Chemie, 5. — **Zehenter**: Chemische Technologie der tierischen Rohstoffe, 2 *g*. —

Gmeiner: Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 3; Nichteuklidische Geometrie, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Algebra mit Übungen, 4; Variationsrechnung, 2; Mathematisches Seminar für Vorgebildete, 1 *g*. — **Menger**: Elemente der projektiven Geometrie (Fortsetzung), 2 *g*. — **Prey**: Geographische Ortsbestimmung, 4. —

Universität Jena.

Winkelmann: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Baedeker) a) für Physiker, 6, b) für Chemiker und Pharmazeuten, 4, c) für Mediziner, 4; Physikalische Spezialuntersuchungen (mit Straubel und Baedeker), tägl. — **Auerbach**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Einführung in die theoretische Physik: Begriffe, Prinzipe, Methoden, 3. — **Straubel**: Abbildungstheorie, 1. — **Simons**: Drahtlose Telegraphie, 2; Einführung in die Technik, 1; Landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen, 2; Kleines Praktikum im Institut für technische Physik; Praktikum für Fortgeschrittene, 3. — **Baedeker**: Spektralanalyse, 1. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie I: Organische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff): Voll- und Halbpraktikum, tägl., für Mediziner, 6 und 3; Praktikum in der organischen Abteilung und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Rabe und Fecht), 40. — **Wolff**: Maßanalyse, 2; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Grundzüge der anorganischen und organischen Chemie: Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum für Landwirte a) großes, tägl., b) kleines, 7; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittene, 14tägig, 2. — **Vongerichten**: Chemische Technologie, anorganischer Teil, 2; Technisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig; Technisch-chemischer Kursus für Nationalökonomen, 4; Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie, *g*. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie II: Organische Chemie, 3; Pharmazeutisches Halbpraktikum: Untersuchung und Darstellung chemisch-pharmazeutischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, 5 Nachmittage; Theoretische und praktische Übungen in der Sterilisierung der Arzneimittel und Verbandstoffe; Praktische und theoretische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl. — **Rabe**: Einführung in die Elektrochemie, 2. — **Marc**: Die chemische Gleichgewichtslehre und ihre Anwendung auf Probleme der Mineralogie, Petrographie und Geologie, 1; Physikalisch-chemische Übungen, 3. — **Fecht**: Spezielle anorganische Chemie, 2. —

Thomae: Differentialgleichungen, 5. — **Haußner**: Differential- und Integralrechnung I, mit Übungen, 5; Analytische Geometrie der Ebene, 4, Mathematisches Proseminar (mit Thaer), 2 *g*; Synthetische Geometrie, 2; Theorie und Anwendung der Determinanten, 2; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Frege**: Über die nach dem Newtonschen Gesetze wirkenden Kräfte, 4. — **Knopf**: Zeit- und Ortsbestimmung mit praktischen Übungen auf der Sternwarte, 4; Praktische Übungen in der Geländeaufnahme: Nivellieren usw., 2. — **Ambronn**: Benutzung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen, 1; Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, 2; Mikrophotographie und Projektion, 2; Ultramikroskopie, 1 *g*. — **Kutta**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 2; Graphische Statik, 4, Übungen, 1; Photogrammetrie, 1, Übungen, 1; Numerische und graphische Methoden zur Auswertung mathematischer Ansätze, 2, Übungen, 1. — **Thaer**: Invariantentheorie, 2. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimentalphysik, 4, Seminar, 2 *g*, Ergänzende Demonstrationen, 2; Physikalisches Laboratorium

(mit Sieveking), 6. — **Sieveking**: Einführung in die mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 1; Optik für Chemiker, 2; Elektronentheorie, 1. — **Arnold**: Dynamobau I: Allgemeiner Teil und Gleichstrommaschinen, 2; Elektrische Kraftwerke und Kraftübertragungen, 2; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Schleiermacher), 9, II, 8; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 4. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Elektrische Leitungen und Verteilung elektrischer Energie, 2, Übungen, 2; Elektrische Beleuchtung, 2; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen. — **N. N.**: Theorie des Wechselstroms und der Transformatoren, 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen und elektromotorische Betriebe, 2, Übungen, 2; Induktionsmaschinen, 2. — **Hausrath**: Instrumente und Apparatebau, 2. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum, mit Vorträgen über die Theorie der Photographie, ferner Darstellung lichtempfindlicher Präparate, 4; Exkursionen, 1 Nachmittag. — **Schultheiß**: Geschichte und Wesen der Witterungsvoraussage, 1. —

Engler: Organische Experimentalchemie, 4; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1; Theoretische Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, 5 Tage. — **Bunte**: Chemische Technologie I, 2, II, 2; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), 4 und 3; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 Tage; Technologische Exkursionen. — **Haber**: Physikalische Chemie II, 2; Chemie der Elektronen, 1; Demonstrationen technisch-elektrochemischer Prozesse (mit Askenasy), 3; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, 5 Tage; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs. — **Askenasy**: Prozesse der elektrochemischen Großindustrie, 2. — **Dieckhoff**: Pharmazeutische Chemie, 2; Analytische Chemie I, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung, 1, Übungen, 4. — **Herzog**: Physiologisch-chemische Analyse, 1, Übungen, 2; Bau- und Städtehygiene, 2. — **Just**: Physikalisch-chemische Meßmethoden, 1; Chemie der flüssigen Gase, 1. — **Kast**: Moderne Sprengund Treibmittel, 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung der Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Skita**: Chemie der Farbstoffe und Technologie der Textilindustrie II, 2; Praktische Übungen in Färberei und Druckerei, 2. — **Staudinger**: Chemie der Benzolderivate, 2. — **Ubbelohde**: Industrie des Petroleums, der Fette und Harze, 1. — **Wöhler**: Chemie der Metalle, 2; Physikalisch-chemische Grundlagen der Analyse, 1. —

Disteli: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4; Übungen in Perspektive, 3. — **Heun**: Mechanik II, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar, 4 *g*. — **Krazer**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Stäckel**: Höhere Mathematik II, 2; Grundlehren der höheren Mathematik, 4. — **N. N.**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2; Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 3, Übungen, 1; Theorie und Anwendung der trigonometrischen Reihen, 2. — **Vogt**: Projektionslehre und Übungen dazu, 2, Übungen, 4. — **Winkelmann**: Theorie und Anwendung des Kreisels in elementarer Behandlung, 2; Mechanische Quadratur und angenäherte Integration von Differentialgleichungen, 2, Übungen, 1. — **Haid**: Geodätisches Praktikum II, 6, III, 3; Größere Vermessungsübung am Schlusse des Sommersemesters, 2 Wochen. — **Bürgin**: Katastervermessung I, 2, Übungen, 2; Plan- und Terrainzeichnen, 2 und 4. —

Universität Kiel.

Weber: Thermodynamik, 4; Physikalische Technologie mit besonderer Berücksichtigung des Eisenbahnwesens, mit Exkursionen, 2; Theorie physikalischer Meßapparate, mit anschließenden Übungen, 1; Ausgewählte physikalische Messungen und Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium (mit Dieterici und Zahn), 2 *g*. — **Dieterici**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2 und 1 Tag, für Fortgeschrittene, tägl. — **Zahn**: Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 2. —

Harries: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum: Anorganische Abteilung (mit Biltz), tägl. außer Sonnabend, organische Abteilung, tägl., für Mediziner (mit Feist), 4; Chemische Gesellschaft: Vorträge über neue Arbeiten auf allen Gebieten der Chemie (mit Rügheimer, Biltz, Feist, Preuner und Mumm), 2 *g*. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiet der physikalischen Chemie, 1 *g*; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Biltz**: Analytische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie I: Unorganische Betriebe, 2, Exkursionen, *g*. — **Berend**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1 *g*; Repetitorium der organischen Chemie für Mediziner, $^3/_4$. — **Stoehr**: Alkaloide, 1. — **Feist**: Stereochemie, 1; Die moderne Eisengroßindustrie, 1 *g*; Einführung in das praktische Studium der Chemie, 1 *g*. — **Preuner**: Elektroanalytische Übungen, 2; Anwendung der Thermodynamik auf chemische Vorgänge, 1. — **Mumm**: Konstitutionsfragen in der organischen Chemie, 1. —

Pochhammer: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Theorie der Bahnbestimmungen, 4, Übungen, 1 *g*. — **Heffter**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen im mathematischen Seminar: Differentialgeometrie, $1^1/_2$ *g*; Darstellende Geometrie, 5. — **Kobold**: Methode der kleinsten Quadrate, 2, Übungen, *g*; Geodätische Übungen, 2 *g*. — **Landsberg**: Variationsrechnung, 3; Theorie der algebraischen Kurven und Funktionen, 4; Algebraische Übungen, 1 *g*. — **Wilkens**: Ausgewählte Kapitel der Mechanik des Himmels, 1. —

Universität Königsberg.

Volkmann: Elektrodynamik, 4, Ergänzungen und Erläuterungen, mit besonderer Berücksichtigung der Grundbegriffe und Grundsätze der Mechanik, 1 *g*; Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Anfänger und Vorgerückte, 6; Leitung großer spezieller Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Handfertigkeitspraktikum, 2 *g*. — **Kaufmann**: Experimentalphysik I, 5, Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen für Anfänger, 3, für Fortgeschrittene, tägl.; Einführung in die Elektrotechnik, mit praktischen Übungen, $2^1/_2$; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. —

Klinger: Organische Chemie, 4; Über wirtschaftliche Bedeutung chemischer Arbeit, 1 *g*; Besprechung neuerer Arbeiten (mit Blochmann und Benrath), 1 *g*; Übungen im Laboratorium (mit Blochmann und Benrath), tägl. außer Sonnabend. — **Stutzer**: Agrikulturchemie; Pflanzenernährungslehre, 2; Einführung in die Chemie, für Landwirte, 1 *g*; Praktische Übungen im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Übungen im Sterilisieren und bakteriologische Untersuchungen, für Pharmazeuten und Landwirte. — **Blochmann**: Maßanalyse: Titriermethoden, 2; Chemische Technologie der anorganischen Industrie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Brennstoffe und deren Ausnutzung, 1 *g*. — **Rupp**: Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde II, 3; Prüfung Galenischer Zubereitungen des Arzneibuches, 1; Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Untersuchung von Trinkwasser, 1 *g*. — **Benrath**: Thermochemie und Phasenlehre, 2; Geschichte der Chemie, 1 *g*. —

Meyer: Analytische Geometrie der Ebene, 3, Übungen, 1 *g*; Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Schoenflies**: Differentialrechnung, 5; Übungen im mathematischen

Seminar für Fortgeschrittene, 2 *g*. — **Battermann**: Geographisch-astronomische Ortsbestimmung, 2, Übungen, 2 *g*; Praktische Übungen in der Sternwarte für Geübtere, *g*. — **Kaluza**: Ausgleichungsrechnung, mit besonderer Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Darstellende Geometrie, mit Übungen, 3. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum (mit Scholl und Jaffé), 9, für Mediziner und Pharmazeuten, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Thermodynamik, 4, Ergänzungen und Übungen, 1 *g*; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **v. Oettingen**: Das duale Harmoniesystem, 2 *g*. — **Marx**: Grundgleichungen der Physik, $1^1/_2$. — **Scholl**: Polarisiertes Licht, experimentell behandelt, mit besonderer Berücksichtigung der Kristalloptik und Saccharimetrie, 1. — **Fredenhagen**: Die neueren Erklärungsversuche der spektralanalytischen und photochemischen Vorgänge, mit Experimenten, 1. — **Jaffé**: Anwendungen der Vektor-Rechnung: Maxwellsche und Lorentzsche Theorie, 1. —

Beckmann: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Chemisches Praktikum, tägl., für Mediziner, 6; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum, tägl.; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Heller, Deussen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.; Chemisch-technisches Praktikum (mit Heller), tägl. — **Hantzsch**: Anorganische Chemie, 5, Ergänzung, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Analytiker, tägl., für Mediziner, 6; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Stobbe, Rassow und Ley), tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum, tägl. — **Le Blanc**: Überblick über die theoretische und technische Elektrochemie mit Demonstrationen, 3; Wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie, zugleich Einführung in die physikalische Chemie, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Drucker und Freundlich), tägl.; Photochemisch-photographisches Praktikum (mit Schaum), ganztägig, tägl.; Chemisches Praktikum (mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs (mit Schall und Drucker), 4 oder 8; Photographische Übungen (mit Schaum), 4; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Schaum, Böttger, Drucker und Freundlich), $1^1/_2$ *g*. — **Stobbe**: Organische Experimentalchemie: Die aromatischen Verbindungen, 2. — **Wagner**: Übersicht über die organischen Verbindungen, 1; Technik der Experimentalchemie und Erläuterung von Schulversuchen, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Lehrer (Schulversuche, Analyse und Präparate), tägl.; Didaktische Besprechungen: Allgemeiner Teil, 1 *g*. — **Rassow**: Chemische Technologie, Brenn- und Leuchtstoffe, sowie ausgewählte anorganische Betriebe, mit Exkursionen, 2; Technische Gasanalyse mit praktischen Übungen, 2; Chemisch-technologisches Praktikum, tägl. — **Ley**: Bestimmung der Konstitution organischer Verbindungen auf physikochemischer Grundlage, 2; Bedeutung des Nebenvalenzbegriffs für die anorganische und organische Chemie, 1. — **Schaum**: Einführung in die wissenschaftliche Photographie mit Demonstrationen, $1^1/_2$ *g*. — **Böttger**: Ausgewählte, im besonderen physikalische Methoden der quantitativen Analyse, 1. — **Schall**: Elektrolyse organischer Stoffe vom physikalisch-chemischen Standpunkte und dessen technische Anwendung, mit Demonstrationen, 1. — **Heller**: Allgemeine und angewandte Chemie: Anorganischer Teil, 2. — **Deussen**: Gerichtliche Chemie, 1. — **Drucker**: Chemische Konstitution und physikalische Eigenschaften, 1. — **Freundlich**: Katalyse, 1. — **Scheiber**: Qualitative Analyse, für Anfänger, mit Demonstrationen, 2. — **Sieverts**: Metalle und Legierungen, Einführung in die Metallographie, 1. — **Waentig**: Über Nahrungsmitteluntersuchung, 1. —

Neumann: Ausgewählte Kapitel der mathematischen Physik, 3. — **Bruns**: Geometrische Optik, 5; Praktische Analysis II, 2 *g*; Praktikum zur Instrumentenkunde; Astronomisches Praktikum (mit Peter), *g*. — **Hölder**: Anwendungen der elliptischen Funktionen, 3; Elliptische Modulfunktionen, 3; Übungen für Vorgeschrittene, 2 *g*. — **Rohn**: Algebraische Kurven, insbesondere der 3. und 4. Ordnung, 4, Übungen, 1 *g*; Darstellende Geometrie II, 2, Übungen (mit Liebmann), 2. — **Herglotz**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1 *g*; Ausgewählte Kapitel der Mechanik, 2. — **Peter**: Astronomische und technische Chronologie. 2. — **N. N.**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*. — **Liebmann**: Bestimmte Integrale und trigonometrische Reihen, 3; Einführung in die höhere Analysis, 2. — **Dahms**: Elemente der analytischen Mechanik, 2; Theorie der Lösungen, 1. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Kollcquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner und Schulze), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **Feußner**: Theoretische Physik: Analytische Mechanik, 4; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Schulze**: Elektronentheorie, 2. — **Wegener**: Physik der Atmosphäre, 2. —

Zincke: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 6; Praktische Übungen in der allgemeinen und analytischen Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Fries), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner (mit Fries), halbtägig; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Fries), 4. — **Schmidt**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und selbständige chemische Arbeiten (mit Keller), im Anschluß: Qualitative Analyse. — **Fittica**: Theoretische Chemie, 2; Neuere Geschichte der Chemie, 1 *g*. — **Reißert**: Chemie der organischen Farbstoffe, 2. — **Fritsch**: Pyridinderivate. — **Fries**: Technologie der wichtigeren anorganischen Verbindungen, mit Exkursionen, 2; Chemie der Terpene 1: Chemische Technologie für Verwaltungsbeamte, 1; Chemisches Repetitorium für Mediziner: Organische Chemie, 1; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3. — **Keller**: Untersuchung von Trinkwasser, Harn usw., 2; Maßanalyse, 1; Prüfung von Arzneimitteln, 1 *g*; Übungen im Sterilisieren, 2. —

Hensel: Analytische Geometrie, 4; Theorie und Auflösung der Gleichungen, 4; Mathematisches Proseminar, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Neumann**: Funktionentheorie, 4, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **v. Dalwigk**: Differentialrechnung, 4; Angewandte Mathematik: Geodäsie I, 2; Physikalische Technologie, mit Demonstrationen für Verwaltungsbeamte (mit Take), 2. — **Hellinger**: Theorie der Kurven und Flächen, 4. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik II: Wärme und Elektrizität, 5; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Koch und Wagner), 12: Handfertigkeitskurs, 6. — **Sommerfeld**: Partielle Differentialgleichungen der Physik für Anfänger, 3, Übungen (mit Laue), 1 *g*; Kinetische Gastheorie und Verwandtes, 3; Seminar: Vorträge der Mitglieder über die statistischen Methoden in der Physik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im Institut für theoretische Physik, tägl. — **Graetz**: Physik (experimentell) II: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Einleitung in die theoretische Physik, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten aus der Physik, tägl. *g*. — **Donle**: Einführung in die neuere Elektrizitätslehre, 2. — **Laue**: Besprechung von Arbeiten aus dem Gebiete der Relativitätstheorie, 2 *g*. — **Koch**: Spektralanalyse, mit Demonstrationen, 1. — **Schmauß**: Physikalische Erdbebenforschung, 2; Atmosphärische Elektrizität, 2. — **Wagner**: Mathematische Ergänzungen zur Vorlesung über Experimentalphysik II, 1; Elektrizität und Materie, 1. —

v. Baeyer: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Hofmann und Piloty in der anorganischen, mit Dimroth, Dieckmann und Wieland in der organischen Abteilung), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Hofmann), 4. — **Paul**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Nahrungsmittelchemie I, 2; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Organische Präparate, 3; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer, elektrochemischer und nahrungsmittelchemischer Arbeiten (Analytisch-chemische Übungen mit Prandtl), tägl. außer Sonnabend; Praktische Übungen im pharmazeutischen Institut, einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren (Pharmazeutisch-chemische Übungen mit Heiduschka), tägl. außer Sonnabend. — **Hofmann**: Spezielle unorganische Experimentalchemie: Alkalimetalle, Erdalkalien und Schwermetalle I, 4; Praktikum für Gasanalyse, 4; Praktikum für physikalisch-chemische und spektralanalytische Methoden, 4. — **Piloty**: Über analytische Chemie II, 3; Elektrolytisches Praktikum, 4—5 wöchentlich, ganztägig. — **Dimroth**: Teerfarbstoffe und ihre Anwendung, 3. — **Dieckmann**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1 *g*. — **Wieland**: Heterozyklische Verbindungen, 1; Die Grundlinien der physiologischen Chemie, 1. — **Prandtl**: Anorganisch-chemische Technologie II: Metallurgie, mit Exkursionen, 3; Erläuterungen zum anorganisch-chemischen Praktikum, 2. — **Heiduschka**: Harnanalyse, 1; Neuere Arzneimittel, 1; Erläuterungen zum pharmazeutisch-chemischen Praktikum (chemische Wertbestimmung von Drogen und galenischen Arzneimitteln), 1. —

Lindemann: Integralrechnung, 5; Theorie der Substitutionen und der höheren algebraischen Gleichungen, 4; Mathematisches Seminar: Aufgaben aus der analytischen Mechanik, 1½ *g*. — **v. Seeliger**: Theorie der Rotation der Himmelskörper, 3; Praktische Übungen an den Instrumenten der k. Sternwarte (mit Großmann). — **Voß**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Variationsrechnung, 3; Mathematisches Seminar, 2. — **Pringsheim**: Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der analytischen Funktionen, 4. — **Brunn**: Elemente der höheren Mathematik, 4. — **Doehlemann**: Darstellende Geometrie II: Axonometrie, Perspektive, 4, Übungen, 2; Synthetische (neuere) Geometrie II: Die Grundgebilde zweiter und dritter Stufe, 4, Übungen, 1 *g*. — **Großmann**: Ausgewählte Kapitel aus der praktischen Astronomie, 2. — **Hartogs**: Theorie der Abelschen Funktionen II, mit Anwendungen auf die Theorie der algebraischen Kurven, 3. — **Perron**: Ausgewählte Kapitel aus der elementaren Geometrie, 5; Theorie der linearen Differentialgleichungen, 4. —

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimentalphysik II: Elektrophysik II, Optik, 4; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiete der Physik. — **K. Fischer**: Grundzüge der Physik: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 3; Einführung in die theoretische Physik, 3. — **Knoblauch**: Einführung in die mathematische Behandlung physikalischer und chemischer Fragen, 2; Thermische Meßmethoden, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik. — **Emden**: Die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre, 2; Der freie und der lenkbare Ballon, 2. — **Kurz**: Die Lehre von der Radioaktivität, 2. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, mit Übungen, 6 Nachmittage. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Lüftung, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, Übungen, 2; Schwachstromtechnik: Telegraphie, Telephonie und drahtlose Telegraphie, 2. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, Übungen, 2, Praktikum, 2; Elektrotechnik für Maschineningenieure, 3; Elektrische Meßtechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 4 und 2, für Vorgeschrittene, 20—32. — **Ossanna**: Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Umformern und Transformatoren, 4 und 2; Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen III: Transformatoren und Asynchronmotoren, 4; Entwerfen von Wechselstrom-Kommutatormotoren, 4; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4. — **Kadrnoska**: Bau und Betrieb elektrischer Anlagen I, 3, II, 2; Entwerfen elektrischer Anlagen, Übungen, 4. —

Muthmann: Allgemeine Experimentalchemie einschließlich der Grundzüge der organischen Chemie, 5; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10, 20 oder 30; Praktikum in der technischen Gasanalyse (mit Hofer), 3; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Lipp**: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 30. — **Rohde**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen I, 2; Hydroaromatische Verbindungen mit Ausschluß der Terpene, 1. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse I, 4; Die elektrochemischen Prozesse, 2. — **Schultz**: Chemische Technologie mit Brennmaterialienlehre und Feuerungskunde III, 2, IV, 2; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, 30; Chemisches Praktikum, 3. — **Lintner**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Gärungschemisches Praktikum nebst Übungen, 30; Grundzüge der organischen Chemie, 4. —

v. Dyck: Höhere Mathematik II, 6, Übungen, 2; Algebra, 4; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit Finsterwalder und Burkhardt), 2. — **Finsterwalder**: Höhere Mathematik IV, 2, Übungen, 2; Theorie der gerichteten Größen: Vektoranalysis, 2; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Burkhardt**: Grundzüge der höheren Mathematik, 4, Übungen, 2; Theorie der Funktionen einer komplexen Variabeln, 3. — **Näbauer**: Trigonometrie, Übungen, 1; Anleitung zur rechnerischen Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, 2; Geographische Ortsbestimmungen, 1, Übungen, 1. — **Ewers**: Einführung in die Vektorentheorie, 3. — **Burmester**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4; Kinematik, 3. — **Schmidt**: Vermessungskunde II, 4; Praktikum II, 4 oder 8; Hauptvermessungsübungen, 2 Wochen; Katastertechnik, 3, Praktikum IV, 8 und 2; Kartierungsübungen, 4. — **Föppl**: Technische Mechanik I: Einführung in die Mechanik, 4, IV: Dynamik, 3, Übungen, 2, Praktikum, 2. —

Universität Münster.

Schmidt: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum (mit Matthies), 3 oder 6, für Fortgeschrittene (mit Konen), tägl.; Physikalisches Seminar (mit Konen und Matthies), halbmonatlich, 2 *g*. — **Konen**: Theoretische Physik I: Wärmelehre, Elektrizität I, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen in Demonstrationsversuchen und in der Anfertigung einfacher Apparate (mit Thiel), 3. — **Matthies**: Kinetische Gastheorie, 2. —

Salkowski: Organische Chemie, 5; Chemie der Metalle, 2 *g*; Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner (mit Kaßner und Thiel), 6. — **Kaßner**: Über Gifte und ihren Nachweis in Untersuchungsobjekten, 1 *g*; Anorganische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Medizin und Pharmazie, 4; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des deutschen Arzneibuchs, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, mit besonderer Berücksichtigung der Papier- und Zellulose-Fabrikation und der Zündrequisiten, 1; Pharmazeutisch-chemische, maßanalytische und toxikologische Übungen im Laboratorium, Darstellung chemischer Präparate, für Vorgerücktere Bearbeitung wissenschaftlicher oder technischer Aufgaben, halbtägig, tägl. außer Sonnabend. — **Thiel**: Physikalische Chemie I, 3; Theoretisch-chemische Übungen, 1 *g*. — **Bömer**: Analyse der Nahrungs- und Genußmittel, 1 *g*; Repetitorium der Nahrungsmittelchemie, 1 *g*. —

Killing: Analytische Geometrie I, 4, Übungen, 1 *g*; Potentialtheorie, 4; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*. — **v. Lilienthal**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 1 *g*; Krümmungslehre der Kurven und Flächen, 4; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*. — **Dehn**: Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4; Geodäsie, 2, Übungen (Vermessung und Rechnung), 1 Tag; Topographische Aufnahmen im Gelände (mit Meinardus), *g*. — **Plaßmann**: Das Sonnensystem, 2 *g*; Die astronomischen Instrumente, 2; Zeitrechnung und Kalenderkunde für Historiker, 2; Übungen im Beobachten und Rechnen, *g*. —

Akademie Posen.

Spies: Elektrizität und Magnetismus II, 2; Wärme und Arbeit, 1; Praktische Übungen für Anfänger, 2, für Vorgeschrittene, 2. — **Könnemann**: Physik der Sonne und der Hauptglieder ihres Systems, 1. —

Wörner: Ausgewählte Abschnitte der Chemie der Kohlenstoffverbindungen, 2; Chemischer Kursus für Anfänger, 2; Chemische Übungen für Geübte, ganz- und halbtägig. —

Kummerow: Differentialrechnung, 2. —

Universität Prag.

Lampa: Experimentalphysik II, 5, Physikalisches Praktikum II, für Physiker und Mathematiker, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Lippich**: Potentialtheorie nebst Anwendungen, 5; Seminar, 2 *g*. — **Spitaler**: Atmosphärische Elektrizität, 3; Geophysikalische Probleme, 1; Meteorologisches Praktikum (Arbeiten im Institute für kosmische Physik und Exkursionen), 3 *g*. —

Goldschmiedt: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. *g*. — **Rothmund**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, Thermochemie und Photochemie, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Kirpal**: Pharmazeutische Chemie, 5; Chemische Großindustrie, 1. — **Meyer**: Chemische Tagesfragen, für Geübtere, 1. —

Pick: Differentialgleichungen, 5, Seminar, 2 *g*. — **Grünwald**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Einleitung in die darstellende Geometrie, 2. — **Weinek**: Theorie des Äquatoreals und seiner Mikrometer, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 2; Theoretische Grundlagen für die Vermessung der Mondoberfläche, 1. — **Oppenheim**: Mathematische Geographie und geographische Ortsbestimmungen, 3. — **Scheller**: Astrophysik (Fortsetzung), 2. —

Technische Hochschule Prag.

Tuma: Physik, 5, für Kulturingenieure, 3, Praktikum, 3, für Lehramtskandidaten, 6. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 2, Praktische Übungen, 3; Spezielle Elektrotechnik, 2; Elektromechanische Konstruktionen, 1. — **Pichl**: Meteorologie und Klimatologie, Praktikum, 1. —

Meyer: Allgemeine Experimentalchemie: Kohlenstoffverbindungen, 6; Analytische Chemie (quantitative), 2; Praktische Übungen in der qualitativen und quantitativen Analyse, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere, 30; Chemische Tagesfragen, für Geübtere, 1. — **Storch**: Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung, 2; Maßanalyse und chemische Arithmetik, 1; Physikalische Chemie III: Elektrochemie, 3, Übungen, 4, II: Thermochemie, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 15; Physikalische Methoden der Untersuchung von Nahrungsmitteln, 1, Übungen, 3. — **Außerwinkler**: Praktische Photographie, 2, Übungen, 6. — **v. Gintl**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2, Übungen, 6; Praktische Unterweisung in der chemischen Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsartikeln, 1, Übungen, 4; Untersuchung der Milch und Butter und Analyse der Fette, 1; Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Praktische Übungen in der Ausführung von Heizgasuntersuchungen, 1. — **Sigmund**: Fermente und Enzyme, mit besonderer Berücksichtigung der technisch wichtigen Gärungsvorgänge, 1. — **Ditz**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 7, Übungen, 28. — **Georgievics**: Chemische Technologie organischer Stoffe, $6^1/_2$, Übungen im Organisch-technologischen Laboratorium, $26^1/_2$. — **Harpf**: Technologie des Schwefeldioxydes, 2. —

Carda: Mathematik I, 4, Übungen, 2, Ergänzungen und Übungen, 1; Elemente der höheren Mathematik, 2, Übungen, 1; Mathematik für Kandidaten des Lehramtes an höheren Handelsschulen, 3. — **N. N.**: Mathematik II, 5, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2. — **Rosmanith**: Versicherungsmathematik I, 3, II, 3. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 3, Konstruktive Übungen, 8, 5 und 6; Ausgewählte Kapitel aus der darstellenden und projektiven Geometrie, 3. — **Stark**: Enzyklopädie der Mechanik I, 2; Mechanik I, Repetitorium, 1; Graphische Statik, 2, Konstruktive Übungen, 2; Mechanik II, 4, Repetitorium, 1, III, 3; Materialienlehre, 1. — **Adamczik**: Technisches Zeichnen A, 3; Elemente der niederen Geodäsie, 2; Niedere Geodäsie, $4^1/_2$, Übungen, 6, Geodätischer Kurs, 6; Grundzüge der sphärischen Astronomie, 3, Übungen, 2; Anwendungen der Geodäsie auf Kulturtechnik, 2, Übungen, 2. — **Haerpfer**: Stereophotogrammetrie, 1. — **Grünwald**: Kinematik, 2. —

Universität Rostock.

Heydweiller: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Akustik, Wärme, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 8 u. 4; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Weber), 1 *g*. — **Weber**: Elektrizität und Magnetismus, 3; Die partiellen Differentialgleichungen in der Physik, 2; Vektoranalysis, 1. —

Michaelis: Organische Chemie, 5; Übungen im chemischen Laboratorium: a) Großes Praktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Kleines Praktikum, 6, c) Toxikologisches Praktikum (mit Stoermer), 4, d) Übungen für Mediziner, 4, e) Übungen für Nahrungsmittelchemiker (mit Kunckell), 4. — **Stoermer**: Organische Chemie II: Chemie der Benzolderivate, 4; Maßanalyse, 1. — **Honcamp**: Agrikulturchemisches Praktikum, tägl.; Agrikulturchemie II: Tierernährung, 2; Demonstrationen auf dem landwirtschaftlichen Versuchsfeld. — **Kümmell**: Elektrochemie, 2; Atomtheorie, 1; Kleines elektrochemisches Praktikum, 4; Elektrochemische Analysen und Präparate, 3; Physikochemisches Vollpraktikum, Leitung selbständiger Arbeiten, tägl. — **Kunckell**: Repetitorium der pharmazeutischen Chemie, 3; Einführung in die Nahrungsmittel- und Harnanalyse, 1; Examinatorium für Pharmazeuten, 2; Chemische Untersuchungen der Arzneimittel, 1. —

Staude: Algebra, 4; Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Seminar, 2. —

Universität Straßburg.

Braun: Experimentalphysik I: Mechanik, Molekularphysik, Optik, 5; Physikalische Übungen, 5 oder 10; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, 5 Tage; Physikalisches Kolloquium (mit Cohn), 2 *g*. — **Cohn**: Elektrizitätslehre, 4; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten. — **Hergesell**: Meteorologisches Kolloquium, 2; Meteorologische Arbeiten, *g*. — **Mandelstam**: Telegraphie und Telephonie, 2. —

Thiele: Allgemeine Experimentalchemie, organischer Teil, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene (mit Wedekind und Straus), tägl. außer Sonnabend; Kolloquium über organische Chemie, 1 *g*. — **Rose**: Chemische Technologie der leichten Metalle, 3; Die Mineralfarben, 1 *g*. — **Schär**: Pharmazeutische Chemie, 5; Ausgewählte Arzneistoffe aus der materia medica der Indier und Ostasiaten, 2; Die technisch verwendeten Milchsäfte

in pharmakognostisch-chemischer Beziehung, 1 *g*; Übungen und Untersuchungen im Laboratorium des pharmazeutischen Instituts, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Nahrungsmittelchemiker (mit Kreutz), tägl.; Pharmakognostisches Praktikum I (mit Rosenthaler), 3, II, 3. — **Wedekind**: Theoretische und physikalische Chemie, 3; Stereochemie und die Lehre von der Koordination bei Verbindungen höherer Ordnung, 1; Gasanalyse, mit Übungen, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3; Kolloquium über neuere Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen und physikalischen Chemie, 14tägig, 1 *g*. — **Kreutz**: Chemie der menschlichen Nahrungsmittel, 1. — **Rosenthaler**: Neue organisch-chemische Arzneimittel, 1. — **Straus**: Benzolderivate I, 3. —

Weber: Bestimmte Integrale und Einleitung in die Funktionentheorie, 4; Algebra, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars (mit Wellstein, v. Mises und Epstein), 1½ *g*. — **Schur**: Projektive Geometrie, 4; Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 2; Übungen des mathematischen Seminars, für Vorgerückte, 1½ *g*. — **Bauschinger**: Geodäsie, mit praktischen Übungen, 5; Astronomische Beobachtungen an Instrumenten der Sternwarte, für Vorgeschrittene. — **Simon**: Algebraische Analysis in Verbindung mit Methodik der elementaren Arithmetik, 2. — **Wellstein**: Formen und Matrizen, 2; Vektoranalysis, mit Übungen, 3; Übungen des mathematischen Unterseminars, 1 *g*. — **v. Mises**: Statik in vorwiegend graphischer Behandlung, mit Übungen, 4; Aeromechanik, 2. — **Epstein**: Einführung in die höhere Mathematik, 2. — **Wirtz**: Ausgewählte Kapitel aus der Geschichte der antiken Astronomie, 1. —

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik: Elektromagnetismus, Induktion, Akustik, Optik, Elektrooptik, 4, Mathematische Ergänzungsvorlesung, 1—2; Theoretische Physik (ausgewählte Kapitel), 2; Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Maier): Physikalisches Praktikum I für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, II für Vorgerücktere, tägl.; Handfertigkeits-Praktikum in Physik, 2—3. — **Wallot**: Theoretische Optik, 3. — **Veesenmeyer**: Elektrotechnische Konstruktionselemente, 2, Übungen, 4; Elektrische Maschinen und Apparate II, 3; Elektrotechnische Maschinenkonstruktionen, 8; Elektrische Bahnen und Fahrzeuge, 3; Die Elektrizität in der Landwirtschaft, 1; Projektieren elektrischer Anlagen, Übungen, 4. — **v. Dietrich**: Elektrische Beleuchtung, 3; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Elektrotechnisches Laboratorium, Übungen II (mit Herrmann), III. — **Herrmann**: Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2; Elektrotechnische Meßkunde I, 2; Elektrotechnisches Laboratorium: Übungen I (mit Kazenmaier und Wild), II. —

v. Heil: Unorganische Chemie, 4; Organische Chemie, 2; Theoretische Chemie, 2; Übungen im Laboratorium für reine und pharmazeutische Chemie (mit Kauffmann, Schmidt, Bauer und Unsöld), tägl. außer Sonnabend. — **Müller**: Physikalische Chemie, 2; Technische Chemie, 2; Übungen im Laboratorium für Elektrochemie und Technische Chemie (mit Zerbet), tägl. außer Sonnabend. — **Häußermann**: Chemische Technologie der Baumaterialien, 1. — **Küster**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 2; Toxikologie, 1. — **Kauffmann**: Repetitorium der unorganischen Chemie, 2; Kolloquium über organische Chemie, 2; Farbenchemie, unter besonderem Eingehen auf die Chemie mehrkerniger Benzolderivate, 2. — **Schmidt**: Analytische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2. — **Philip**: Technische und Handelsanalysen organischer Produkte, 1. — **Rohland**: Anwendungen der physikalischen Chemie auf technische Analysen und Prozesse, 1 *g*; Technologie der Mörtel- und Tonmaterialien, 1 *g*; Chemie der unorganischen Kolloide, 1 *g*. — **Brunner**: Übungen in praktischer Photochemie, 2. — **Obermiller**: Der Steinkohlenteer und die Zwischenprodukte der organisch-chemischen Großindustrie, 1. —

Mehmke: Darstellende Geometrie (mit Stübler), 4, Übungen, 6; Mathematisches Seminar (mit Faber), 1; Analytische Mechanik (mit Stübler), 3, Übungen, 1. — **Haller**: Trigonometrische Übungen, 2. — **Stübler**: Mathematische Geographie, 2. — **Bretschneider**: Repetitorium in niederer Mathematik, 1. — **Faber**: Analytische Geometrie der Ebene (mit Stübler), 3, Übungen, 1; Differential- und Integralrechnung I (mit Stübler), 6, III, 3, Ergänzungen, 1. — **Wölffling**: Funktionentheorie, 3; Variationsrechnung, 1 *g*. — **Roth**: Perspektive, 2. — **v. Weyrauch**: Einleitung in die mathematische Theorie der Elastizität, 2; Aerostatik und Aerodynamik, 2. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 6. — **Hammer**: Praktische Geometrie II: Vermessungskunde, 5, Messungsübungen, 12; Geodätische Exkursionen; Geodätische Übungen (mit Heer), 5 und 3; Übungen zur höheren Geodäsie, 2. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik: Mechanik, Optik, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, halbtägig; Selbständige physikalische Übungen, ganztägig. — **Waitz**: Theoretische Physik I: Einleitung und Theorie der Wärme, 3, Übungen, 2; Populäre Astronomie, 2. — **Gans**: Theorie der Schwingungen, 1; Die Eigenschaften des Äthers, 1. — **Happel**: Behandlung einfacher Probleme aus dem Gebiet der theoretischen Physik, 1; Praktische Übungen in einfachen Vermessungen: Trigonometrische Messungen, Orts- und Zeitbestimmungen usw., 2. —

Wislicenus: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie, 5, Ergänzungen, 1 *g*; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Bülow), ganz- oder halbtägig; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum (mit Weinland), ganz- oder halbtägig; Präparative Arbeiten, ganztägig; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Bülow und Weinland), ganztägig. — — **Thierfelder**: Physiologische Chemie der Eiweißstoffe, Fette und Kohlehydrate, 2; Praktisch-chemische Übungen für Anfänger I: Qualitative Analyse, 6, II: Quantitative Analyse, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Bülow**: Analytische Chemie II, 3; Theorie und Praxis des Patentgesetzes, 1. — **Weinland**: Chemie der Albumosestoffe II: Organischer Teil, 2; Quantitative Untersuchung der Arzneimittel, organischer Teil, 1; Nachweis von Giften für gerichtliche Zwecke, 1; Chemie der Genußmittel, 1. — **Letsche**: Chemie des Blutes, 1. — **Kliegl**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1; Einführung in die Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 1. —

v. Brill: Mechanik, 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Funktionentheorie, 4, Übungen, 1; Partielle Differentialgleichungen, 3; Kolloquium über die Grundbegriffe der Mathematik, 1. — **N.N.**: Höhere Analysis I: Differentialrechnung, 4, Übungen; 1; Darstellende Geometrie, 2, Übungen, 2. —

Universität Wien.

Lecher: Experimentalphysik für Lehramtskandidaten und Mediziner II, 5. — **Franz Exner**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, sowie für Chemiker und Naturhistoriker, 6; Physikalisch wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. — **Hasenöhrl**: Wärmelehre II, 2; Optik I, 3; Proseminar für theoretische Physik, 1 *g*; Seminar für theoretische Physik, 1 *g*. — **Jäger**: Ausgewählte Kapitel der Akustik, 1. — **v. Schweidler**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten II, 6. — **Meyer**: Elemente der theoretischen Physik II: Magnetismus, Elektrizität und elektromagnetische Optik, 5. — **Haschek**: Physikalisches Praktikum für Vorgeschrittene, 8; Experimente zur Optik II, 3. — **Przibram**: Kohäsion fester Körper, 1. — **Ehrenhaft**: Beiträge zur Theorie des Mikroskops und zu seiner Verwendung, 1. — **Nabl**: Schraubengeometrie (Fortsetzung), 1. — **Hann**: Allgemeine Meteorologie II, 2; Anleitung zur Berechnung meteorologischer und klimatologischer Beobachtungen, 1. — **Trabert**: Thermodynamik der Atmosphäre (mathematisch), 1; Wettervorhersage, 2. — **Felix Exner**: Dynamische Meteorologie, 2. — **Conrad**: Neuere Forschungen auf dem Gebiete

der Niederschlagselektrizität, 1. — **Defant**: Mittel und Methoden zur Erforschung der höheren Luftschichten, 1. — **Frank**: Lineare Differentialgleichungen und deren Anwendung in der Mechanik: Schwingungstheorie, 2; Lektüre und Besprechung von Galileis „Unterredungen 3. und 4. Tag": Über Fall- und Wurfbewegung, 1. — **Hinterberger**: Photographisches Praktikum, 6wöchige Kurse; Praktischer Kurs über Mikrophotographie, 20. —

Skraup: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **Wegscheider**: Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend; Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **Herzig**: Pharmazeutische Chemie, 5, Übungen, tägl. außer Sonnabend. — **Pribram**: Kolloidchemie, 2. — **Franke**: Anleitung zur Ausführung chemisch-wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Chemische Übungen für Vorgeschrittene, tägl.; Übungen in der Ausführung chemischer Schulversuche, 4. — **Pollak**: Chemische Technologie: Organische Farbstoffe und ihre Anwendungen II, mit Exkursionen, 2; Repetitorium der analytischen Chemie für Pharmazeuten, 2; Übungen über ausgewählte Kapitel der pharmazeutischen Chemie, 4. — **Wenzel**: Chemische Technologie: Metallurgie, 2. — **Billiter**: Technische Elektrochemie II: Schmelzfeuerelektrolyse und elektrische Öfen, 2. — **M. Kohn**: Anleitung zur Ausführung chemisch-wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Chemisches Repetitorium, 2. — **Abel**: Chemische Thermodynamik, 2. —

Escherich: Bestimmte Integrale und Variationsrechnung, 5; Proseminar für Mathematik, 1 *g*; Seminar für Mathematik, 2 *g*; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **Mertens**: Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 5, Übungen, *g*; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*; Übungen im mathematischen Proseminar, 1 *g*. — **Wirtinger**: Differentialgleichungen (Fortsetzung), 5; Mathematische Statistik, 3; Mathematisches Seminar, 2 *g*; Mathematisches Proseminar, 1 *g*. — **G. Kohn**: Analytische Geometrie (Fortsetzung), 4, Übungen, 1 *g*; Algebraische Kurven, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik, 6. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik II, 3. — **Hanni**: Die Taylorsche Reihe und ihre analytische Fortsetzung, 2. — **v. Schrutka**: Repetitorium der Differentialrechnung, mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungen, 3. — **Tietze**: Analysis situs (Fortsetzung), $1^1/_2$; Allgemeine Gruppentheorie, 2. — **Hepperger**: Praktische Astronomie, 3; Astrophysik, 2. — **Schram**: Kalendariographie und Chronologie verschiedener Völker, 2. —

Technische Hochschule Wien.

Jäger: Physik, 5. — **Mache**: Physik, 5 bzw. 2 und 4. — **Sahulka**: Grundlagen der Elektrotechnik, 4, Übungen (mit Reithoffer), 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Reithoffer**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Allgemeine Wechselstromtechnik, 2. — **Pichelmayer**: Dynamobau, 3, Konstruktionsübungen I, II, II, 10. — **Hochenegg**: Elektrische Stromverteilung, 3; Übungen im Entwerfen elektrischer Anlagen, 2. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. —

Suida: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie I, 5; Chemische Technologie organischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Bamberger**: Übungen im Laboratorium der allgemeinen Experimentalchemie, 20; Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, 20. — **v. Jüptner**: Theoretische und physikalische Chemie II, 2; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Moser**: Die technische Analyse anorganischer Stoffe, 2; Repetitorium der anorganischen Experimentalchemie, 2. — **Praetorius**: Chemische Kinetik, 1; Theorie der Lösungen, Repetitorium, 1. — **Skrabal**: Das System der chemischen Elemente, 2. — **Böck**: Moderne Anschauungen auf dem Gebiete der theoretischen organischen Chemie, 1. — **Paweck**: Technische Elektrochemie, 2; Die elektrochemische Alkali- und Chlorindustrie, 1. — **Abel**: Beispiele und Rechnungsübungen zur chemischen Thermodynamik, 1; Theorie ausgewählter Verfahren der elektrochemischen Industrie, 1. — **Klimont**: Chemie der hydroaromatischen Verbindungen und Terpene, 2. — **Lippmann**: Chemie der Benzolderivate, 3. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **Strache**: Gasfeuerungen. — **Erban**: Chemische Textilindustrie III und IV, 1. — **Ruß**: Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, 1. —

Zsigmondy: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Czuber**: Mathematik II, 5, Korrepetitionen. — **N. N.**: Grundlagen der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 1. — **v. Schrutka**: Übungen im Gebrauche des logarithmischen Rechenschiebers, 1. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I, 3, II, 3. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 4, Konstruktives Zeichnen, 6, Seminar, 2; Zyklographie, 2, Konstruktionsübungen, 2. — **Schmid**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktionsübungen, 6; Projektive Geometrie II, 3, Konstruktionsübungen, 2. — **Adler**: Graphisches Rechnen, 2. — **Finger**: Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, $7^1/_2$, Korrepetitionen und Übungen. — **Jung**: Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, $7^1/_2$; Einführung in die Vektoranalysis, 1. — **N. N.**: Allgemeine Mechanik, 3. — **Girtler**: Analytische Mechanik der flüssigen Körper, 2; Dynamik der materiellen Punktsysteme im allgemeinen und des starren Körpers im besonderen, 2. — **Leon**: Analytische Mechanik des elastischen, festen Körpers: Theorie der Elastizität und Festigkeit, $1^1/_2$. — **Pollack**: Praktische Übungen zu den Elementen der niederen Geodäsie, 5. — **Doležal**: Praktische Geometrie, $7^1/_2$, Übungen, 10; Situationszeichnen, 3, Geodätischer Kurs, 4; Photogrammetrie, Übungen, 2; Photo- und Stereophotogrammetrie, Übungen, 2. — **Dokulil**: Technische Terrainlehre, $1^1/_2$. — **Tinter**: Sphärische Astronomie, 4; Übungen im Beobachten und Rechnen, $3^1/_2$; Geodätische Rechenübungen, $2^1/_2$. — **Prey**: Das trigonometrische und das geometrische Nivellement, 1. —

Universität Würzburg.

Wien: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Praktische Übungen, 4 bzw. 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Theorie der Strahlung, 2. — **Cantor**: Elektromagnetische Lichttheorie, 4; Übungen zur theoretischen Physik, 2. — **Harms**: Neuere physikalische Meßmethoden und Apparate, 2. —

Medicus: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halb- und ganztägig; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, halb- und ganztägig. — **Tafel**: Organische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Manchot), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Reitzenstein und Pauly), 8; Praktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs (mit v. Halban), 4; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Manchot), tägl. — **Manchot**: Maßanalyse, unter Berücksichtigung der durch das deutsche Arzneibuch vorgeschriebenen Methoden, 1. — **Reitzenstein**: Über organische Farbstoffe, 2; Färbereipraktikum, 2. — **Pauly**: Ausgewählte Kapitel aus der Biochemie, 1. — **Emmert**: Chemische Tagesliteratur, 1 *g*. — **v. Halban**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. —

Rost: Integralrechnung, 4, Übungen, 2; Theorie der Raumkurven und krummen Oberflächen, 4; Astronomisches Praktikum für Fortgeschrittene, *g*; Planimetrische Konstruktionen, 2; Ebene und sphärische Trigonometrie, 2; Übungen aus der Differentialrechnung für Fortgeschrittene, 2 *g*; Übungen aus der Raumgeometrie mit besonderer Berücksichtigung astronomischer Probleme, 1 *g*. — **v. Weber**: Analytische und synthetische Geometrie der Kegelschnitte, 4, Übungen, $1^1/_2$ *g*; Partielle Differentialgleichungen erster Ordnung, 4; Ausgewählte Kapitel der höheren Geometrie und Anleitung zu selbständigen Arbeiten, $1^1/_2$ *g*. — **Hilb**: Anwendung der Differentialrechnung auf die Theorie der

ebenen Kurven, 4; Integralrechnungen, 4; Elemente der Variationsrechnung, 2 *g*. —

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, ½ Tag, für Vorgerücktere (mit Einstein), tägl. — **Einstein**: Mechanik (Fortsetzung), 3; Kinetische Theorie der Wärme, 2; Physikalisches Seminar, 1. — **Adler**: Aus der Geschichte physikalischer Entdeckungen, 1; Geometrische Optik, 1. — **Greinacher**: Elektrizitätsleitung in Gasen, mit Experimenten, 1. —

Werner: Organische Experimentalchemie, 5; Anorganische Chemie II, 2; Chemisch-analytisches Praktikum für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere: Präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten, tägl.; Chemisches Halbpraktikum für Studierende der Naturwissenschaften, halbtägig. — **Abeljanz**: Quantitative chemische Analyse mit Berücksichtigung der elektrolytischen Methoden, 2; Chemie und Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Anleitung zu chemischen Arbeiten im Laboratorium, 1; Chemisches Kolloquium, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, 3 Tage, für Naturwissenschaftler, 3 Tage, für Anfänger und Vorgerücktere (Nichtchemiker), tägl., für Kandidaten des Sekundarlehramtes, 6; Übungen im Untersuchen von Lebensmitteln, 4 oder 8. — **Pfeiffer**: Aromatische Chemie II, inklusive Farbstoffe, 3; Chemische Gleichgewichts- und Geschwindigkeitslehre, 2; Thermochemie und Elektrochemie, 2. — **Grün**: Bestimmung der Atomgruppen in organischen Verbindungen II, 1; Geschichte der Radikal- und Typentheorie, 1. —

Zermelo: Einführung in die Differential- und Integralrechnung II, 2; Mengenlehre, 2; Über die Gestalt rotierender Gleichgewichtsfiguren, 3; Übungen: Gemeinsame Lektüre Gaußscher Abhandlungen, 2. — **Weiler**: Darstellende Geometrie II, mit Übungen, 4; Analytische Geometrie II, mit Übungen, 3; Kartenprojektionen, 1. — **Gubler**: Politische Arithmetik: Anleihens- und Versicherungsmathematik, 2; Hauptsätze der Differential- und Integralrechnung, 2; Inhalt und Methode des geometrischen Unterrichts in der Mittelschule, 1. — **Du Pasquier**: Anwendungen der Infinitesimalrechnung auf die Theorie der Kurven und Flächen, 2, Übungen, 1; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 9; Ausgewählte Methoden der Zeit- und Ortsbestimmung, mit Übungen, 2. — **De Quervain**: Theorie und Praxis der wichtigsten geographischen Reiseinstrumente, mit Übungen, 14tägig, 2; Meteorologisches Kolloquium: Besprechung der neueren Literatur, 14tägig, 2 *g*. —

Technische Hochschule Zürich.

H. F. Weber: Physik, 4, Repetitorium, 1; Prinzipien, Apparate und Meßmethoden der Elektrotechnik, 2; Einführung in die Wechselstromtheorie, 2; Elektrische Schwingungen, 2; Wissenschaftliche Arbeiten in Physik, 8, 12, 24; Elektrotechnisches Laboratorium, 8 und 16. — **Weiß**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12, 24. — **Schweitzer**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Wechselstrommotoren in graphischer Behandlung, 1. — **Cherbuliez**: Geschichte der Physik von Galilei bis Newton, 2; L. Eulers Arbeiten über hydraulische Maschinen und Windmühlen, 1; Geschichte der Untersuchungen über die Schallfortpflanzungs-Geschwindigkeit, 1. — **Wyßling**: Elektrische Zentralanlagen I, 2; Elektrische Bahnen, 2. — **Tobler**: Ausgewählte Kapitel aus der Schwachstromtechnik, 1. — **Farny**: Bau von Dynamomaschinen I, 3; Besondere Kapitel aus dem Dynamobau, 3. — **Barbieri**: Photographie II, 1; Photogrammetrie, 1; Photographisches Praktikum, 2. —

Treadwell: Analytische Chemie II, 2, Repetitorium, 1; Chemisch-technische Analyse mit Übungen, 4; Probierkunde II mit Übungen, 2; Analytisches Praktikum, 16; Analytisch-chemisches Praktikum, 24, für Vorgerücktere, tägl.; Chemisches Praktikum, 10; Gasanalysen, 4. — **Boßhard**: Anorganisch-chemische Technologie, 3, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Baumaterialien, 2, Repetitorium, 1; Nahrungsgewerbe, 2; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Bredig**: Physikalische Chemie I, 2, Repetitorium, 1; Chemische Kinetik und Kontaktchemie, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum für Anfänger, 8; Elektrochemisches Praktikum für Elektrochemiker, 4; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium für Vorgerücktere, tägl. — **Cérésole**: Künstliche organische Farbstoffe, 3, Repetitorium, 1; Beleuchtungsindustrie, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Hartwich**: Pharmazeutische Chemie, 5; Ätherische Öle, 1; Toxikologie, 2; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Technische Mikroskopierübungen II: Genußmittel und Gewürze, 4; Warenkunde, 1; Chemische Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, tägl.; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl. — **Schulze**: Organische Chemie, 3, Repetitorium, 1; Agrikulturchemie II: Fütterungslehre, 2; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 4 und 8; Agrikulturchemisches Praktikum für Vorgerücktere, 24. — **Willstätter**: Organische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organische Chemie II: Benzolderivate, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 16; Analytisch-chemisches Praktikum, 24; Chemisches Praktikum, 10, für Vorgerücktere, tägl. — **Constam**: Thermochemie, 1; Brennmaterialien, 1. — **Winterstein**: Physiologische Chemie, 2; Anleitung zu den Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 1. — **Berl**: Explosivstoffe, 1; Theorie chemisch-technischer Prozesse II, 2; Chemische Technologie und analytische Betriebsführung chemischer Spezialindustrien, 2 *g*. — **Schmidlin**: Spezielle anorganische Chemie: Seltene Erden und radioaktive Elemente, 1; Theoretische Chemie der Farbstoffe, 1. —

Franel: Höhere Mathematik II, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2. — **Geiser**: Infinitesimalgeometrie, 4; Determinantentheorie mit geometrischen Anwendungen, 2. — **Großmann**: Anwendungen der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 3; Höhere geometrische Transformationen, 2; Mathematische Übungen, 2. — **Hirsch**: Höhere Mathematik, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Mathematische Übungen, 2. — **Hurwitz**: Funktionentheorie, 4; Mathematisches Seminar (mit Kollros), 2. — **Kollros**: Anwendungen der beschreibenden Geometrie, 2, Übungen, 3. — **Meißner**: Mechanik I, 6, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der analyt. schen Mechanik, 2. — **Rudio**: Anwendungen der höheren Mathematik, 4. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3; Ausgewählte Methoden der Orts- und Zeitbestimmung, mit Übungen, 2. — **Beyel**: Darstellende Geometrie, 2; Zentralprojektion und Perspektive, 2. — **Du Pasquier**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Versicherungsmathematik (Fortsetzung): Lebens- und Invaliditätsversicherung, 1. — **Kraft**: Analytische Mechanik, 3; Vektoranalysis, 3; Geometrischer Kalkül: Vektor- und Punktrechnung, 3, IV, 1. — **De Quervain**: Theorie und Praxis der wichtigsten geographischen Reiseinstrumente, mit Übungen, 1; Meteorologisches Kolloquium, Besprechung der neueren Literatur, 1. —

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. Friedrich Krüger in Danzig-Langfuhr. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

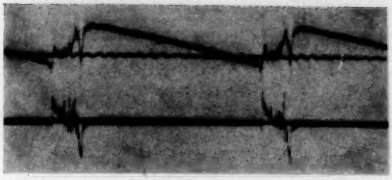


Fig. 2.

Oben: Strom im Wehneltunterbrecher i_w; unten: Strom im Kondensator i_c. Die Zeit läuft im Sinne des Pfeiles.

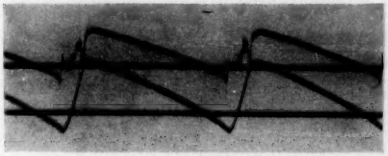


Fig. 3.

Oben: Strom im Wehneltunterbrecher i_w; unten: Hauptstrom i_s. Die Zeit läuft im Sinne des Pfeiles.

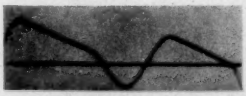


Fig. 4.

Hauptstrom beim Betrieb mit Rotaxunterbrecher. Die Zeit läuft im Sinne des Pfeiles.

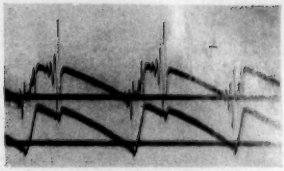


Fig. 5.

Oben: Strom im Wehneltunterbrecher i_w; unten: Hauptstrom i_s. Die Zeit läuft im Sinne des Pfeiles.

Fig. 6.

Oben: Hauptstrom i_s; unten: Strom im Kondensator i_c. Die Zeit läuft im Sinne des Pfeiles.

Fig. 7.

Oben: Hauptstrom i_s; unten: Strom im Wehneltunterbrecher i_w. Die Zeit läuft im Sinne des Pfeiles.

Fig. 8.

Hauptstrom i_s. Die Zeit läuft im Sinne des Pfeiles.

OBERLIN COLLEGE LIBRARY